vol. 1500-
23
180

Digitized by the Internet Archive
in 2011 with funding from
University of Toronto

http://www.archive.org/details/tudessurlona01duhe

ÉTUDES

SUR

LÉONARD DE VINCI

CEUX QU'IL A LUS
ET CEUX QUI L'ONT LU

PAR

PIERRE DUHEM

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT DE FRANCE
PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BORDEAUX

PREMIÈRE SÉRIE

PARIS
LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE A. HERMANN
Libraire de S. M. le Roi de Suède.
6, RUE DE LA SORBONNE, 6

1906

THE INSTITUTE OF MEDIAEVAL STUDIES
ST. MICHAEL'S COLLEGE
LIBRARY
JUN 11 1935
8101

ÉTUDES

SUR

LÉONARD DE VINCI

CEUX QU'IL A LUS
ET CEUX QUI L'ONT LU

PAR

PIERRE DUHEM

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT DE FRANCE
PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BORDEAUX

PREMIÈRE SÉRIE

PARIS
LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE A. HERMANN
Libraire de S. M. le Roi de Suède.
6, RUE DE LA SORBONNE, 6

1906

OF MEDIAEVAL STUDIES
ST. MICHAEL'S
COLLEGE
LIBRARY
JUN 11 1937
8101

PRÉFACE

Lorsque nous contemplons une grande découverte, nous éprouvons tout d'abord une admiration mêlée d'effroi; notre regard étonné mesure la hauteur à laquelle le génie s'est élevé; nous sentons à quel point cette hauteur surpasse toutes celles auxquelles notre humble esprit saurait atteindre, et une sorte de vertige s'empare de nous.

Puis, au fur et à mesure que la méditation nous rend plus familière la découverte qui nous avait ravis, notre admiration change de nature; non pas, certes, qu'elle perde de son intensité; mais elle se dépouille peu à peu de tout ce que la surprise y mêlait d'instinctif et d'irréfléchi; elle devient de plus en plus consciente et raisonnée. Si colossal que le génie nous apparaisse, nous comprenons qu'il n'est pas d'autre nature que notre modeste intelligence; qu'il procède par les mêmes voies qu'elle, encore qu'avec une sûreté et une promptitude incomparables; nous voyons clairement qu'il ne s'est pas élevé d'un seul bond à la hauteur où nous le contemplons; qu'il y est parvenu par une longue suite d'efforts tout semblables à ceux dont nous sommes capables; alors naît en nous le désir de connaître chacun de ces efforts et l'ordre dans lequel ils se sont succédé; nous réclamons le récit détaillé de l'ascension qui a conduit l'inventeur à sa découverte.

Mais ce récit, combien il est difficile de l'obtenir exact et précis!

Bien souvent, celui qui est parvenu au sommet d'où se découvre une ample vérité n'a souci que de décrire aux autres hommes le spectacle qui s'offre à lui; quant aux peines qu'il a prises pour atteindre le pic d'où sa vue peut s'étendre au loin, il les a oubliées, il les juge misères sans importance,

indignes de nous être contées ; il nous livre son œuvre achevée, mais il jette au feu ses esquisses.

D'autres nous disent comment ils s'y sont pris pour inventer ; mais il n'est pas toujours prudent de se fier à leurs confessions.

Du point culminant, on aperçoit tous les chemins propres à y conduire ; on ne les soupçonnait pas tandis qu'on gravissait la pente. Parmi ces chemins, on en voit un, parfois, qui est tout simple et facile, par lequel on eût évité les longs détours et les mauvais pas. C'est cette route aisée que l'inventeur nous décrit, non le sentier pénible et dangereux qu'il a vraiment suivi. « Ma découverte est achevée, fait-on dire à Gauss ; il ne me reste plus qu'à trouver comment je l'aurais dû faire. »

Il est donc des inventeurs qui nous cachent avec une sorte de pudeur les longues et pénibles démarches de leur esprit en quête de vérité ; ceux-là nous montrent seulement la route royale par laquelle il eût été facile d'atteindre la découverte qui leur a coûté tant d'efforts. Il en est aussi qui tiennent à faire parade de leur vigueur et de leur habileté ; ceux-ci nous disent, ou nous laissent croire, qu'ils ont, seuls et par leurs propres forces, deviné les sentiers les plus cachés, franchi les passages les plus scabreux ; ils se gardent bien de nommer le guide dont l'expérience les a empêchés de se fourvoyer, dont la main secourable les a préservés d'une chute ; ils nous décrivent avec complaisance les lacets compliqués de leurs déductions et la profondeur de leurs méditations ; ils ne nous disent pas quelles lectures ont orienté ces déductions et soutenu ces méditations.

Il est donc bien malaisé de suivre le progrès de l'idée en l'esprit de l'inventeur et de développer la série des formes par lesquelles elle a passé pour atteindre sa perfection.

Pour que notre curiosité fût pleinement satisfaite, il faudrait que l'inventeur eût minutieusement jalonné son chemin au fur et à mesure qu'il l'accomplissait, qu'il eût marqué, pour ainsi dire, la trace de chacun de ses pas. Nous aimerions que chacune de ses pensées eût été saisie et fixée par l'écriture au moment même qu'elle prenait naissance en son esprit ; les

notes ainsi recueillies nous permettraient de comprendre comment l'idée s'est éclaircie peu à peu, depuis le moment où le génie en a soupçonné la vague silhouette au travers des brumes du doute, jusqu'à l'instant où il a pu la contempler en pleine évidence, dans la splendeur du vrai.

Or, parmi ceux qui ont initié l'esprit humain à l'intelligence de nouvelles vérités, il en est un qui nous a laissé cette description minutieuse des démarches de sa pensée, qui a rédigé, pour ainsi dire, le journal du voyage de découvertes que fut sa vie; au fur et à mesure qu'une proposition nouvelle s'offrait à ses méditations, il la notait avec une entière sincérité, sans dissimuler aucune de ses hésitations, aucun de ses tâtonnements, aucun de ses repentirs, car il n'écrivait que pour lui-même, en sorte que ces précieux brouillons nous permettent de suivre, depuis la première esquisse jusqu'au dessin arrêté et détaillé, les formes diverses qu'une invention a prises en la raison géniale de Léonard de Vinci.

Les manuscrits de Léonard de Vinci sont des documents d'un prix inestimable, car ils sont uniques en leur genre; aucun de ceux dont les méditations ont enrichi la Science ne nous a donné, au sujet de la marche suivie par ses pensées, des indications aussi nombreuses, aussi détaillées, aussi immédiates.

Ce n'est pas que ces documents nous livrent du premier coup et sans un labeur prolongé les renseignements qu'ils recèlent en abondance.

Ces courtes notes écrites de droite à gauche, difficiles à déchiffrer, souvent obscures en leur extrême concision, sont rarement datées; les cahiers qui les gardent ont été remplis tantôt dans le sens de la pagination, tantôt en sens contraire; quelques-uns de ces carnets semblent porter des réflexions qui ont été engendrées à différentes époques de la vie du grand peintre; d'autres, en grand nombre, ont été perdus.

Du sein de ce chaos, il s'agit d'exhumer les divers fragments qui ont trait à une même découverte, de les ranger dans l'ordre des temps où ils furent conçus, de telle sorte qu'ils marquent les étapes successives de l'idée en progrès; cette

Q
143
.5D8

tâche est bien souvent malaisée et les résultats n'en sont point toujours d'une certitude absolue.

Si pénible que soit cette tâche, elle n'est peut-être pas la plus ardue qu'il faille accomplir pour retracer l'histoire d'une invention de Léonard.

Lorsqu'une idée nouvelle naissait dans l'esprit du Vinci, elle ne s'y engendrait pas d'elle-même et sans cause; elle y était produite par quelque circonstance extérieure, par l'observation d'un phénomène naturel, par la conversation d'un homme, plus souvent encore par la lecture d'un livre.

D'ailleurs, l'esprit où venait tomber ce germe de pensée n'était point semblable à une terre rase et nue; d'autres pensées, vigoureuses et pressées, l'occupaient déjà; elles y avaient été implantées par les leçons des maîtres que Léonard avait entendus et surtout par les enseignements des écrits qu'il avait médités. Pour germer et grandir, il fallait que la graine nouvelle venue se servît de cette végétation déjà développée ou qu'elle luttât contre elle.

Si l'on veut donc suivre l'évolution d'une idée dans l'intelligence du Vinci, on doit, tout d'abord, répondre à cette question : « Qu'avait-il lu? » Et la réponse ne se peut donner sans des recherches longues et minutieuses. D'une part, en effet, en rédigeant ses notes hâtives et concises, Léonard a bien rarement nommé l'auteur dont la lecture ou le souvenir lui suggérait telle ou telle proposition. D'autre part, en comparant son œuvre à celle de ses devanciers, on reconnaît bientôt qu'il avait beaucoup lu et qu'il avait étudié bon nombre des traités scientifiques prisés de son temps.

L'un des objets de ces Études est de faire connaître quelques-unes des sources auxquelles Léonard a puisées et de discerner ce que chacune d'elles a versé au courant des pensées du grand inventeur.

Mais pour apprécier exactement le rôle que Léonard a joué comme initiateur, il ne suffit pas de déterminer et d'étudier *ceux qu'il a lus;* il faut encore découvrir *ceux qui l'ont lu.*

L'idée au progrès de laquelle l'inventeur a travaillé n'acquiert pas sa plénitude et son achèvement en la raison de son

auteur; lorsqu'il la publie, elle est encore grosse de vérités nouvelles; et ces vérités, elle les produira par l'œuvre de ceux qui accueilleront la découverte et qui s'efforceront de la développer. Il est juste de louer le premier initiateur non pas seulement de ce qu'il a mis en acte dans son invention, mais encore de ce qu'il y a laissé en puissance; et cela, on ne le peut connaître qu'en étudiant les travaux de ses successeurs.

Or, Léonard a eu des successeurs; ses notes manuscrites ne sont point demeurées intactes en un stérile oubli; impudemment pillées et plagiées, elles ont jeté aux quatre vents du ciel les semences de vérité qu'elles contenaient en abondance; et ces semences ont porté fleur et fruit en la science du XVIe siècle. Nommer quelques-uns de ceux qui ont eu connaissance de ces notes, mettre leur plagiat en évidence, évaluer ce qu'ils doivent au Vinci, c'est le second objet de ces Études.

Entre *ceux qu'il a lus* et *ceux qui l'ont lu,* Léonard de Vinci apparaît à sa véritable place; solidaire du passé, dont il a recueilli et médité les enseignements, il est encore solidaire de l'avenir dont ses pensées ont fécondé la science.

La plupart de ces Études ont paru, tout d'abord, dans le *Bulletin italien*. En cette publication, dont leur dévouement assure la prospérité, M. G. Radet et M. E. Bouvy nous ont accordé la plus large hospitalité. Qu'ils nous permettent de leur en témoigner notre très vive gratitude.

Bordeaux, 27 juillet 1906.

I

ALBERT DE SAXE

ET

LÉONARD DE VINCI

ALBERT DE SAXE

ET

LÉONARD DE VINCI

Dans son beau livre sur Léonard de Vinci, M. Eug. Müntz a écrit[1] ceci : « Pour apprécier à sa juste valeur l'œuvre écrit de Léonard, il faut, avant tout, nous pénétrer de cette conviction qu'en littérature et en philosophie, non moins qu'en science, nous avons affaire à l'autodidacte par excellence. »

L'originalité puissante avec laquelle Léonard a abordé une foule de problèmes scientifiques ne saurait être mise en doute par qui a feuilleté, ne fût-ce qu'une seule fois, les notes manuscrites laissées par le grand artiste. Mais il est permis de se demander si la nature et le caractère particulier de cette originalité ont été étudiés jusqu'ici avec assez de soin.

L'histoire des sciences est faussée par deux préjugés, si semblables qu'on pourrait les confondre en un seul; on pense couramment que le progrès scientifique se fait par une suite de découvertes soudaines et imprévues; il est, croit-on, l'œuvre d'hommes de génie qui n'ont point de précurseurs.

C'est faire utile besogne que de marquer avec insistance à quel point ces idées sont erronées, à quel point l'histoire du développement scientifique est soumise à la loi de continuité. Les grandes découvertes sont presque toujours le fruit d'une préparation, lente et compliquée, poursuivie au cours des siècles. Les doctrines professées par les plus puissants penseurs résultent d'une multitude d'efforts, accumulés par une foule de travailleurs obscurs. Ceux-là même qu'il est de mode d'appeler créateurs, les Galilée, les Descartes, les Newton, n'ont formulé aucune doctrine qui ne se rattache par des liens innombrables aux enseignements de ceux qui les ont

1. Eugène Müntz, *Léonard de Vinci, l'artiste, le penseur, le savant*, Paris, 1899, p. 278.

précédés. Une histoire trop simpliste nous fait admirer en eux des colosses nés d'une génération spontanée, incompréhensibles et monstrueux dans leur isolement; une histoire mieux informée nous retrace la longue filiation dont ils sont issus.

Léonard de Vinci fait-il exception à cette loi qui pèse sur les plus grands savants? Tout ce qu'il sait en Mécanique et en Physique, le doit-il exclusivement à ses expériences et à ses méditations? N'a-t-il point tiré une partie de ses connaissances, voire la plus grande partie, des traités composés par ceux qui l'ont précédé? Il serait invraisemblable qu'il ne dût rien ou presque rien au passé; il est certainement vrai qu'il lui doit beaucoup.

Bien souvent, ceux qui ont salué en lui l'inventeur et le créateur avaient négligé de s'enquérir des sources auxquelles il avait pu et dû puiser. A quoi bon s'informer de ceux qui auraient pu lui servir de précurseurs? Ne vivaient-ils point en cet obscur Moyen-Age, où la parole d'Aristote tenait lieu de pensée? Comment cette stérile Scolastique aurait-elle pu suggérer au grand artiste de Vinci les idées neuves et fécondes qui abondent dans ses notes? Fort de ces prémisses, on affirmait avec une naïveté d'enfant que le chêne aux vertes frondaisons ne se rattachait par aucun lien au sol aride sur lequel il était simplement posé.

Si les ramures du chêne sont si étendues, si ses feuilles ont tant de fraîcheur, c'est que des racines, vigoureuses et nombreuses, mais cachées à tous les regards, vont puiser au plus profond du sol les sucs accumulés par les antiques végétations. Ces racines apparaissent à ceux qui se donnent la peine de fouiller la terre.

Nous nous sommes efforcé de mettre à nu quelques-unes des racines par lesquelles la Mécanique et la Physique de Léonard plongent dans le passé. Déjà, nous avons pu reconnaître [1] quelles lectures avaient suggéré à l'auteur de la *Cène* la plupart de ses nombreuses réflexions sur le levier, sur la balance, sur le plan incliné et sur le principe des déplace-

1. P. Duhem, *Les Origines de la Statique*. Chapitre VIII : *La Statique du Moyen-Age et Léonard de Vinci*. (*Revue des Questions scientifiques*, 3e série, t. VI, p. 394; octobre 1904.)

ments virtuels. Un simple nom, Pelacano, jeté par Léonard avec une proposition de Mécanique, nous a révélé d'une manière certaine une de ces lectures, le *Tractatus de ponderibus* composé à la fin du XIVe siècle ou au commencement du XVe siècle par Biagio Pelacani, surnommé Blaise de Parme. Mais les objections mêmes adressées à Blaise de Parme, non moins qu'une foule d'autres fragments, trahissaient une influence plus ancienne, celle des mécaniciens qui, au XIIIe siècle, formaient l'École de Jordanus de Nemore.

Nous voudrions, aujourd'hui, exhumer une autre racine par laquelle la science de Léonard s'est alimentée des sucs de la Scolastique; nous voudrions signaler ce que le grand peintre doit à Albert de Saxe.

I

Albert de Saxe. — Ce que nous savons de sa vie.

Albert de Saxe est un des docteurs les plus puissants et les plus originaux qui, au XIVe siècle, aient illustré la Scolastique. La tradition de ses enseignements fut de longue durée. Les maîtres de l'École, à la fin du Moyen-Age et au début de la Renaissance, les Niphus, les Soto, les Tolet, citent souvent ses écrits ou s'en inspirent. Ses doctrines n'eurent pas moins d'influence sur les penseurs que la Science positive préoccupait plus que la Philosophie et la Théologie; Blaise de Parme, Cardan, Copernic, Guido Ubaldo et, par Guido Ubaldo, Galilée ont subi cette influence, dont leurs œuvres portent la trace reconnaissable. Cependant, malgré les efforts de Thurot [1], le nom d'Albertus de Saxonia est à peine prononcé aujourd'hui par l'Histoire des Sciences.

Les œuvres d'Albert de Saxe nous sont bien connues; elles ont eu de nombreuses éditions; par contre, nous savons bien peu de choses de sa vie; une profonde obscurité en dissimule la plus grande partie.

1. Thurot, *Recherches historiques sur le principe d'Archimède*, 3e article (*Revue archéologique*, nouvelle série, t. XIX, p. 119; 1869). — Dans cet écrit, Thurot a signalé l'extrême importance de l'œuvre d'Albert de Saxe pour l'histoire de l'Hydrostatique.

Son surnom, *de Saxonia,* nous fait connaître la contrée où il est né. Nous savons également, d'une manière certaine, qu'il séjourna et enseigna à Paris. Un manuscrit[1] de la Bibliothèque Vaticane, le *Codex palatinus* n° 1207, contient cette mention : « Explicit tractatus de proportionibus Parisius per Magistrum Albertum de Saxonia editus. Deo laus. » C'est à Paris, assurément, qu'Albert a composé ses *Questions* sur la *Physique* d'Aristote; voulant, quelque part[2], prendre l'exemple d'une pierre qui tombe dans l'eau, il suppose qu'on jette cette pierre *dans la Seine.* Nous savons d'ailleurs qu'il avait étudié à la Sorbonne. Le court préambule qui, dans quelques éditions[3], précède ses *Questions* sur le *De Cœlo* se termine par ces mots : « In quibus si quid minus bene dixero, benigne correctioni melius dicentium me subjicio. Pro bene dictis autem non mihi soli, sed magistris meis reverendis de nobili Facultate Artium Parisiensi, qui me talia docuerunt, peto dari gratias et exhibitionem honoris et reverentiæ. »

A ces renseignements certains, nous pouvons joindre une date. La Bibliothèque nationale possède, en sa riche collection de manuscrits, la copie[4] des *Questions* sur le *De cœlo* composées par Albert de Saxe, et cette copie est datée de l'année 1378.

Ces quelques indications précises vont nous conduire à retrouver les traces du passage d'Albert de Saxe à l'Université de Paris.

Georges Lokert, professeur au Collège de Montaigu, puis à la

1. B. Boncompagni, *Intorno al* Tractatus proportionum *di Alberto di Sassonia* (*Bulletino di Bibliografia et di Storia delle Scienze matematiche e fisiche,* t. IV, p. 498; 1871.)

2. Alberti de Saxonia *Quæstiones super libros de Physica Auscultatione;* in quartum librum Physicorum quæstio V.

3. *Questiones subtilissimæ* Alberti de Saxonia *in libros de Cœlo et Mundo. — In fine :* Expliciunt quæstiones præclarissimi doctoris Alberti de Saxonia super quatuor libros de Cœlo et Mundo Aristotelis, diligentissime emendatæ per eximium artium et medicinæ doctorem Hieronymum Surianum Venetum, filium Domini Magistri Jacobi Suriani physici præstantissimi. Impressæ autem Venetiis arte Boneti de Locatellis Bergomensis, impensa vero nobilis viri Octaviani Scoti, civis Modoetiensis. Anno Salutis nostræ 1492, nono kal. novembris, ducante inclito principe Augustino Barbadico.

4. Bibliothèque nationale, fonds latin, Ms. n° 14723. — Cf. Thurot, *Recherches historiques sur le principe d'Archimède,* 3e article (*Revue archéologique,* nouvelle série, t. XIX, p. 119, 1869).

Sorbonne, donna, en 1516 et en 1518, deux éditions[1] des *Questions* d'Albert de Saxe, éditions assez médiocres d'ailleurs; en l'épître qui leur sert d'introduction, Georges Lokert, très au courant, à coup sûr, des traditions de l'Université de Paris, nous apprend que, près de deux siècles avant lui, la Sorbonne s'enorgueillissait d'un brillant triumvirat de philosophes; les trois maîtres qui composaient ce triumvirat étaient Jean Buridan (1300-1360), Thimon le Juif et Albert de Saxe.

Du Boulay nous donne[2], au sujet d'Albert de Saxe, quelques renseignements précis. Il nous apprend qu'Albert a enseigné avec éclat la Philosophie, en Sorbonne, de 1350 à 1361. Il fut plusieurs fois procureur de la Nation Anglaise. En juin 1358, il fut élu recteur de l'Académie. Enfin, en 1361[3], l'Université lui confia la cure de la paroisse SS. Côme et Damien.

Les dires de Du Boulay sont, d'ailleurs, confirmés par les *Registres de la Nation Anglaise de la Faculté des Arts de l'Université de Paris*[4]. Ces registres mentionnent qu'Albert a présidé des examens en 1352, 1354, 1355, 1358 et 1359.

Tels sont les faits de la vie d'Albert de Saxe que nous pouvons affirmer avec quelque certitude. Faut-il l'identifier,

1. *Quæstiones et decisiones physicales insignium virorum :*

Alberti de Saxonia *in* .	*Octo libros Physicorum.* *Tres libros de Cœlo et Mundo.* *Duos lib. de Generatione et Corruptione.*
Thimonis *in*	*Quatuor libros Meteorum.*
Buridani *in Aristotelis* .	*Lib. de Sensu et Sensato.* *Librum de Memoria et Reminiscentia.* *Librum de Somno et Vigilia.* *Librum de Longitudine et Brevitate Vitæ.* *Librum de Juventute et Senectute.*

Recognitæ rursus et emendatæ summa accuratione et judicio Magistri Georgii Lokert Scoti; a quo sunt tractatus proportionum additi. Venumdantur in ædibus Jodoci Badii Ascensii et Conradi Resch. — Au verso du titre se trouve une *Epistola nuncupatoria et parenetica* de Georges Lokert, avec ces deux dates : Ex præclaro Montis acuti collegio, Idibus Januarii ad supputationem Curiæ Romanæ MDXVI. Et rursus e Sorbona ad Kalen. Octo. MDXVIII. Cette édition est très incomplète. Des questions y font défaut qui se trouvent dans d'autres éditions; de là, dans le numérotage des questions, des divergences que nous aurons soin de mentionner dans nos références.

2. Bulæus, *Historia Universitatis Parisiensis*, t. IV, p. 362 et 958; MDCLXVIII.

3. A la page 958, une faute d'impression fait dire à Du Boulay 1367 au lieu de 1361.

4. Cf. Thurot, *Analyse d'un ouvrage de Ueberweg* (*Revue critique d'Histoire et de Littérature*, t. VI, p. 251, 1868).

comme l'ont admis J. T. Græsse [1], J. C. Adlung [2] et U. Chevalier [3], avec Albert de Rückmersdorff, recteur de l'Université de Vienne en 1365 et évêque d'Halberstadt de 1366 à 1390, date de sa mort? Cela n'est rien moins que certain. Bien des points demeurent d'ailleurs obscurs à son sujet. Nous ignorons, par exemple, s'il fut séculier ou régulier; parmi les éditeurs de ses œuvres, il en est qui le disent Augustin, d'autres Dominicain, d'autres encore Franciscain; beaucoup ne mentionnent point qu'il ait appartenu à un ordre quelconque.

U. Chevalier [4], se référant à Sbaralea [5], mentionne un autre Albert de Saxe, surnommé *Albertutius,* qui aurait été moine franciscain au xve siècle; il ne nous paraît pas que cet Albertutius doive être distingué de notre Albertus de Saxonia; voici quelques preuves à l'appui de cette opinion :

Nicoleto Vernias de Chieti, natif de Vicence, enseignait la Philosophie à Padoue vers la fin du xve siècle; il y composa, en 1499, un écrit intitulé : *De gravibus et levibus quæstio subtilissima.* L'éditeur, qui, en 1516, publia à Venise [6] les *Quæstiones super libros de Physica Auscultatione* d'Albert de Saxe, y joignit ce petit écrit. L'auteur y mentionne et y réfute l'opinion d'Albertutius qui attribue la continuation du mouvement des projectiles non à l'agitation de l'air, mais à un *impetus* acquis par le mobile; or, cette opinion est bien celle qu'Albert de Saxe, dans ses *Questions* sur les *Physiques* et sur le *De Cœlo,* soutenait contre Averroes, Saint Thomas d'Aquin et Ægidius Colonna. C'est assurément lui que Nicoleto Vernias a

1. J. T. Græsse. *Lehrbuch einer Litterargeschichte der berühmsten Völker des Mittelalters;* 2te Abth., 2te Hälfte, p. 656.

2. J. C. Adlung, *Fortsetzung und Ergänzungen zu C. G. Jöchers allgemeinen Gelehrten Lexico,* Bd. I, coll. 450-456.

3. U. Chevalier, *Répertoire des sources historiques du moyen-âge. Bio-bibliographie.* Paris, 1888; col. 59.

4. U. Chevalier, *loc. cit.*

5. Sbaralea, *Supplementum scriptorum Franciscanorum,* p. 723; 1806.

6. *Acutissimæ Questiones super libros de Physica Auscultatione ab* Alberto de Saxonia *editæ; jamdiu in tenebris torpentes; nuperrime vero quam diligentissime a vitiis purgatæ; ac summo studio emendatæ; et quantum aniti ars potuit fideliter impressæ.* — Nicoleti Verniatis Theatini *philosophi perspicacissimi contra perversam Averrois opinionem de unitate intellectus, et de animæ felicitate Questiones divinæ; nuper castigatissime in lucem prodeuntes.* — Ejusdem *etiam de gravibus et levibus quæstio subtilissima.* — A la dernière page : Venetiis, sumptibus hæredum q. D. Octaviani Scoti Modoetiensis ac sociorum, 21 Augusti 1516.

entendu citer. Il ne le nomme pas seulement *Albertutius*, mais encore *Albertus parvus*, réservant à Albert le Grand le simple nom d'Albertus.

Au XVIe siècle, le nom d'*Albertutius* était si bien pris pour synonyme d'*Albertus de Saxonia* que les imprimeurs accolaient parfois ces deux noms dans la composition du titre des ouvrages qu'ils publiaient [1].

De son activité intellectuelle, Albert de Saxe nous a laissé des monuments nombreux et importants; bien des générations de philosophes et de savants ont lu et étudié ses ouvrages. De son *Tractatus proportionum*, on connaît dix éditions [2]. Ses *Quæstiones* sur le *De Cœlo et Mundo* d'Aristote furent imprimées à plusieurs reprises [3] dès la fin du XVe siècle, et le XVIe siècle naissant continua de les méditer. Les *Quæstiones* sur la *Physique* et sur le *De Generatione et Corruptione* ne paraissent pas avoir été imprimées avant le XVIe siècle. C'est en ces divers ouvrages que nous trouvons exposées, avec une grande clarté et une grande précision, les doctrines qu'Albert de Saxe professait en Physique.

II

Quelques points de la Physique d'Albert de Saxe

Ces doctrines, nous n'avons point l'intention de les exposer ici dans leur ensemble. L'œuvre mériterait d'être tentée; mais elle excéderait les bornes de cet article. Nous nous contenterons de résumer quelques-unes des théories qui ont particulièrement attiré l'attention de Léonard de Vinci. Il se trouve, d'ailleurs, et cela n'a rien qui puisse nous surprendre, que ces théories sont parmi les plus neuves et les plus intéressantes qu'ait émises Albert de Saxe.

1. Témoin ce titre : *Logica* Albertucii *perutilis. Logica excellentissimi sacræ theologiæ professoris Magistri* Alberti de Saxonia, *ordinis Eremitarum divi Augustini, per Magistrum Aurelium Sanutum Venetum,* Venetiis, ære et sollertio hæredum O. Scoti, MDXXII.

2. B. Boncompagni, *Intorno al* Tractatus proportionum *di Alberto di Sassonia* (*Bulletino di Bibliografia et di Storia delle Scienze matematiche e fisiche*, t. IV, p. 498; 1871).

3. Græsse (*Trésor des livres rares et précieux*, t. I, p. 57) dit que les *Quæstiones super quatuor libros Aristotelis de Cœlo et Mundo* furent imprimées à Pavie en 1481, à Venise en 1492 et 1497, à Paris en 1516, de nouveau à Venise en 1520.

On doit à Albert de Saxe une théorie de la pesanteur qui a eu la plus grande influence sur le développement de la Mécanique [1]. Cette théorie, il l'a donnée afin de résoudre les difficultés que présentait la détermination du *lieu naturel* de la Terre.

Selon Aristote, à chaque corps correspond un *lieu naturel* où la forme substantielle de ce corps acquerrait sa perfection, où ce corps trouverait les conditions les plus propres à assurer sa conservation, où il serait le mieux exposé aux influences bienfaisantes, le mieux protégé contre les actions nuisibles. Un corps est-il en son lieu naturel? Il y demeure en équilibre. En est-il écarté? Il désire s'y rendre et, s'il n'en est empêché, il s'y précipite par la voie la plus courte.

Quel est le *lieu naturel* des divers éléments et, en particulier, de la Terre ?

Pour les uns, qui semblent les plus fidèles interprètes de la pensée du Stagirite, on doit dire que le lieu naturel de la Terre est la surface concave qui limite inférieurement la mer, ou bien qu'il est formé par cette surface et par une partie de celle qui termine l'atmosphère. En effet, selon l'enseignement péripatéticien, le *lieu* d'un corps, c'est la surface interne des corps qui l'environnent.

D'autres veulent que le lieu naturel de la Terre soit le centre du Monde; tout grave, en effet, s'il n'en est empêché, désire gagner le centre du Monde; là seulement, dégagé de toute entrave, il pourrait demeurer en repos; la Terre, réunion de graves, ne peut donc demeurer qu'en ce lieu.

Tel est le débat que doit trancher la doctrine d'Albert de Saxe.

Toutefois, ce n'est pas au sujet de ce débat, mais au sujet d'une autre discussion qu'il nous en expose le principe.

Aristote n'avait aucunement conçu cette notion que le nom de *masse* désigne aujourd'hui pour les mécaniciens; il n'existait, en un corps, aucune résistance extrinsèque au mouvement, aucune inertie; les seules résistances que conçût le Philosophe

1. Cette influence sera étudiée en détail aux chapitres XV et XVI de notre travail sur *Les Origines de la Statique;* ces chapitres seront prochainement publiés dans la *Revue des Questions scientifiques.*

étaient des résistances extrinsèques, ce que nous nommons aujourd'hui des *forces;* si un grave n'avait pas à lutter contre la résistance de l'air, il se précipiterait instantanément sur le sol; dans le vide, sa chute, si longue qu'en fût le parcours, serait soudainement achevée; et c'était le grand argument par lequel Aristote combattait la possibilité du vide.

Les scolastiques n'admettaient point tous cette opinion; beaucoup voulaient que le mouvement ne fût point instantané, même dans le vide; ils voulaient que tout corps fût le siège d'une résistance intrinsèque au mouvement; ils pressentaient la notion de *masse* et essayaient de la tirer des principes mêmes d'Aristote, qui y étaient si contraires.

Plusieurs auteurs pensaient[1] « que les parties d'un même grave s'entravent mutuellement, parce que chacune d'elles a une inclination à descendre par la ligne la plus courte; et comme, seule, la partie moyenne descend par un telle ligne, elle gêne les parties latérales; par suite de cet empêchement mutuel des diverses parties, les graves simples se meuvent dans le temps », même s'ils se trouvent dans le vide.

Mais, dit Albert, « cette raison ne peut tenir. En premier lieu, elle prétend que chacune des parties d'un même grave tend à descendre par la ligne la plus courte; cette raison n'est pas valable; chacune des parties ne tend pas à ce que son centre devienne le centre du Monde, ce qui serait impossible. C'est son tout qui descend de telle sorte que son centre devienne le centre du Monde; et toutes les parties tendent à ce but que le centre du tout devienne le centre du Monde; elles ne s'entravent donc pas l'une l'autre... »

Voilà formulée la doctrine dont Albert va faire de multiples applications; le désir de s'unir au centre du Monde n'appartient point en propre à chaque partie d'un grave, de telle sorte que le désir d'une partie puisse se trouver en compétition avec le désir d'une autre partie et le contrecarrer; tous ces désirs s'unissent en un seul; ils concourent à placer au centre du Monde un point du grave qu'Albert nomme ici simplement

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Physico Auditu;* in librum IV quæstio V. — L'opinion qu'il combat en ce passage est celle de Roger Bacon.

le *centre,* qu'il nommera constamment ensuite le *centre de gravité;* dans une chute libre, c'est ce point qui se dirige en droite ligne vers le centre du Monde.

C'est cette doctrine qui va guider Albert de Saxe dans la recherche du lieu naturel de la Terre.

Ce lieu est-il la surface concave de l'eau? Non, car il ne suffit pas qu'un grave soit entouré d'eau pour demeurer en repos; il tombe au sein de l'eau; il n'y est donc pas en son lieu naturel. Ce lieu est-il le centre du Monde? Pas davantage, car la Terre n'est pas un simple point et ne saurait être logée en un point. La Terre est un ensemble de graves; elle est en son lieu naturel lorsque le centre de gravité de cet ensemble est au centre du Monde.

« La Terre [1], limitée en partie par la surface concave de l'air, en partie par la surface concave de l'eau, occupe sa situation naturelle lorsque le centre de gravité de la dite Terre est au centre du Monde; car si la Terre se trouvait hors de la surface qui la situe de la sorte, elle se mettrait à descendre et se mouvrait jusqu'à ce que le centre de l'agrégat qu'elle forme avec tous les graves devînt le centre du Monde, à moins qu'elle n'en fût empêchée... »

« A quoi j'ajouterai quelques remarques: En premier lieu, si la masse entière de la Terre se trouvait placée hors de son lieu naturel, par exemple en la concavité de l'orbe de la Lune, et qu'elle y fût retenue de force; que, d'autre part, on laissât tomber un grave, ce grave ne se mouvrait pas vers la masse totale de la Terre, mais il se mouvrait en ligne droite vers le centre du Monde; la raison en est qu'une fois parvenu au centre du Monde, il serait en son lieu naturel, pourvu du moins que son centre de gravité soit le centre du Monde; or, tout être qui n'en est pas empêché tend naturellement à se placer en son lieu naturel, car il s'y conserve plus longtemps et s'y trouve plus éloigné de ce qui lui est nuisible. Il résulte de là que si les graves se meuvent vers la Terre, ce n'est point à cause de la Terre; c'est parce qu'en venant à la Terre, ils s'approchent du centre du Monde. »

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Physico Auditu;* in librum IV quæstio V.

Si la notion générale du lieu naturel occupait déjà Aristote en sa *Physique*, c'est dans le *De Cœlo et Mundo* qu'il traitait surtout le problème du lieu naturel de la Terre; aussi Albert de Saxe développe-t-il longuement, dans les *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo,* la doctrine dont il a posé les fondements dans les *Quæstiones in libros de Physico Auditu.*

« Ici, » dit-il [1], « il convient de poser deux distinctions dont voici la première : Il y a deux points qui peuvent être nommés milieux ou centres des corps graves, savoir le centre de grandeur [2] et le centre de la gravité. Car dans les corps où la gravité n'est pas uniformément répartie, le centre de gravité n'est pas le centre de grandeur ; tandis que dans les corps de gravité uniforme le centre de grandeur et le centre de gravité peuvent bien coïncider.

» La seconde distinction est celle-ci : Dire qu'un corps est au milieu du Monde peut s'entendre de deux manières différentes ; d'une première manière, on entend que son centre de grandeur est au centre du Monde ; d'une seconde manière, que son centre de gravité est au centre du Monde.

» Or, je suppose que la Terre n'est pas d'une gravité uniforme. » Cela est évident, car la partie que la mer ne couvre pas, exposée aux rayons du soleil, est plus dilatée que la partie recouverte par les eaux. D'ailleurs, si son centre de grandeur coïncidait avec son centre de gravité et, partant, avec le centre du Monde, elle serait entièrement couverte par les eaux.

» Dès lors, on peut poser cette première conclusion : Ce n'est point le centre de grandeur de la Terre qui est au centre du Monde... Puis cette seconde conclusion : c'est le centre de gravité de la Terre qui est au centre du Monde. On le prouve : toutes les parties de la Terre tendent au centre par leur gravité. » Si donc un plan quelconque passant par le centre du Monde ne partageait pas la Terre en deux parties d'égale

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* in librum II quæstio XXV (Ed. 1492) vel XXIII (Ed. 1518).

2. *Grandeur* a, en général, chez les scolastiques, le sens que les géomètres modernes donnent au mot *volume;* par *centre de grandeur*, Albert de Saxe entend sans doute, au moins confusément, ce que nous entendons aujourd'hui par *centre de gravité du volume*.

gravité, « la partie la plus lourde pousserait la plus légère jusqu'à ce que le centre de gravité de la Terre tout entière devînt le centre du Monde; alors ces deux parties de même poids demeureraient immobiles, lors même que l'une surpasserait l'autre en grandeur; elles se contre-balanceraient l'une l'autre comme deux poids en équilibre. »

De là, un paradoxe[1] : Lorsque la Terre se trouve en son lieu naturel, les diverses parties de la Terre se trouvent violentées et hors de leur lieu naturel; en effet, chacune de ces parties serait naturellement située si son centre de gravité se trouvait au centre du Monde; et c'est le centre de gravité de la Terre qui occupe cette position.

Albert de Saxe résout évidemment ce paradoxe par les raisons qui lui ont servi à prouver que les diverses parties d'un grave ne se gênaient pas les unes les autres dans leur mouvement; ce n'est point chaque partie de la Terre qui tend à unir son centre de gravité au centre du Monde; cette tendance n'appartient qu'à la Terre en son entier; ou mieux, chaque partie tend à ce que l'ensemble ait son centre de gravité au centre du Monde :

« L'eau, » dit-il[2], « ne forme pas le lieu naturel de la Terre tant que le centre de gravité de la Terre n'est pas le centre du Monde. Il ne suffit pas qu'une portion de la Terre se trouve entourée d'eau pour qu'elle soit en son lieu naturel et demeure immobile; car alors son centre de gravité n'est point encore le milieu du Monde, et le centre de gravité de l'agrégat total qu'elle forme avec le reste de la Terre n'est point non plus au centre du Monde; elle continue donc à descendre jusqu'à ce que le centre de gravité de tout l'agrégat formé par cette portion de la Terre et tout le reste de la Terre se trouve au centre du Monde. »

De ce principe que le centre de gravité de l'ensemble des corps pesants tend constamment à se placer au centre du Monde, il résulte que la Terre n'a pas nécessairement cette

1. Albert de Saxe, *loc. cit.*

2. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Physico Auditu;* in librum IV quæstio V.

immobilité absolue que d'aucuns lui prêtent. Une foule de causes, telles que l'échauffement par les rayons du Soleil, font, en effet, varier continuellement la distribution de la gravité en la masse terrestre et déplacent son centre de gravité[1].

« En fait, » dit Albert[2], « la Terre se meut sans cesse ; sans cesse, en effet, il est une partie de la Terre dont la gravité est diminuée plus qu'elle ne l'est en la partie opposée ; c'est la partie qui regarde le Soleil ; or, par suite du mouvement circulaire du Soleil au-dessus de la Terre, cette partie change d'instant en instant ; afin donc que le centre de gravité de la Terre demeure au centre du Monde, et puisque la partie de la Terre qui s'allège change continuellement, il faut que la Terre se meuve sans cesse. »

Ces mouvements incessants, Albert de Saxe les considère de nouveau en un autre lieu[3] de ses *Questions* sur le *De Cœlo ;* mais, pour montrer que la position du centre de gravité de la Terre change continuellement, il ne se contente plus d'invoquer l'inégal échauffement du sol par les rayons solaires ; il a recours à une cause de déplacement plus lente, mais beaucoup plus puissante, l'érosion ; et plus d'un géologue sera assurément frappé de lui voir attribuer à l'érosion la formation des montagnes :

« Il est bien vraisemblable que, sans cesse, quelque partie de la Terre se meut d'un mouvement rectiligne ; on s'en peut convaincre par les raisons que voici : De cette partie de la Terre élémentaire que les eaux ne couvrent pas, sans cesse, de nombreuses masses terreuses sont entraînées par les fleuves au fond de la mer ; la Terre s'accroît donc sans cesse dans la partie qui est couverte par les eaux, tandis qu'elle diminue dans la partie découverte ; son centre de gravité ne demeure donc pas au même point. Aussitôt que le centre de gravité a

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Physico Auditu ;* in librum IV quæstio V. *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo ;* in librum II quæstio X.

2. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo ;* in librum II quæstio X.

3. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo ;* in librum II quæstio XXV (Ed. 1492) vel XXIII (Ed. 1518).

changé de place, le nouveau centre de gravité se meut pour devenir centre du Monde; quant au point qui était auparavant centre de gravité, il remonte vers la surface convexe que les eaux ne couvrent pas. Par cet écoulement et par ce mouvement continuels, la partie de la Terre qui, à une certaine époque, se trouvait au centre, arrive à la superficie et inversement.

« A ce propos, on peut voir comment se sont formées les grandes montagnes. Il n'est point douteux que certaines parties de la Terre n'aient plus de cohésion que d'autres; les parties qui n'ont que peu de cohésion s'écoulent à la mer, entraînées par les fleuves; pendant ce temps, les parties les plus cohérentes demeurent en place et forment éminence au-dessus du sol. Toutefois, à la longue, par tremblement de terre ou d'autre façon, les montagnes sont renversées, tombent et se détruisent. »

Jusqu'ici, nous avons exposé la théorie d'Albert de Saxe sur le lieu naturel de la Terre en entendant par *Terre,* comme il l'entend d'ailleurs, le seul élément solide; nous avons fait abstraction de la masse des eaux. De quelle manière faut-il tenir compte, en cette théorie, de la présence des eaux et, particulièrement, de la mer?

Sur ce point, la pensée d'Albert a varié; elle n'est pas la même dans les *Questions* sur la *Physique* et dans les *Questions* sur le *De Cœlo.*

En commentant la *Physique* d'Aristote, Saxonia avait écrit ces lignes[1] :

Ce que j'ai dit de la terre seule, « il faut l'entendre également de tout l'agrégat formé par la terre et l'eau; ces deux éléments forment sans doute une gravité totale et unique dont le centre de gravité se trouve au centre du Monde. »

Cette opinion, Albert de Saxe la repousse[2] lorsqu'il commente le *De Cœlo :*

« On m'objectera qu'il ne semble pas que le centre de la gravité de la terre seule soit au centre du Monde; que cette

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Physico Auditu;* in librum IV quæstio V.

2. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* in librum II quæstio XXV (Ed. 1492) vel XXIII (Ed. 1516).

position convient bien plutôt au centre de gravité de l'agrégat formé par la terre et l'eau. La terre, en effet, est, d'un côté, toute couverte d'eau; cette eau se joint à la partie de la terre qu'elle recouvre pour peser à l'encontre de l'autre partie; elle doit donc repousser celle-ci jusqu'à ce que le centre de tout l'agrégat formé par la terre et par l'eau se trouve au centre du Monde.

» Nous répondrons en niant que le centre du Monde coïncide avec le centre de gravité de l'agrégat total formé par la terre et l'eau. En effet, si l'on imaginait que toute l'eau fût enlevée, le centre de gravité de la terre serait encore au centre du Monde..., car, par essence, la terre est plus grave que l'eau..., quelle que soit donc la quantité d'eau qui se trouve placée d'un côté de la terre et non de l'autre, cette partie de la terre n'en recevrait pas, pour contrepeser et repousser l'autre partie, plus d'aide que par le passé... »

On s'explique[1], dès lors, sans peine « qu'une partie de la terre émerge des eaux; la terre, en effet, n'est pas uniformément grave, en sorte que son centre de gravité se trouve fort au-dessus de son centre de grandeur; il est beaucoup plus près de l'une des calottes convexes qui limitent la terre que de l'autre; alors l'eau, qui est uniformément grave et qui tend au centre du Monde, coule vers la calotte terrestre qui est la plus voisine du centre de gravité de la terre; de sorte que l'autre partie, l'autre calotte, celle qui est la plus éloignée du centre de gravité, demeure découverte. » La théorie de la gravité se reliait ainsi, pour Albert de Saxe, aux notions géographiques qui avaient cours de son temps; elle servait à justifier l'hypothèse d'un hémisphère terrestre couvert par un vaste océan, hypothèse que devait ruiner la découverte de Christophe Colomb.

Si, dans ses *Questions* sur le *De Cœlo,* Albert nie que les eaux de la mer exercent aucune pression sur la surface terrestre qu'elles recouvrent, si, par conséquent, il les regarde comme incapables d'écarter le centre de gravité de la Terre du centre

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Physico Auditu;* in librum IV quæstio V.

du Monde, ce n'est point par hasard; c'est en vertu d'une théorie que ces *Questions* exposent avec détail. Cette théorie elle-même a pour objet de trancher un débat célèbre dans l'École[1].

Un élément est-il encore pesant lorsqu'il se trouve en son lieu naturel? Bon nombre de scolastiques soutenaient qu'un élément cesse d'être pesant lorsqu'il se trouve au lieu où sa forme désire résider; l'eau n'est pas pesante en son lieu naturel; c'est pourquoi on peut se plonger dans un bain sans ressentir le poids de l'eau dont le corps est surmonté. D'autres, au contraire, soutenaient qu'un élément est pesant même lorsqu'il se trouve dans son propre lieu; à l'appui de leur opinion, ils citaient une expérience — assurément fausse ou mal interprétée — qu'Aristote[2] avait rapportée : Une outre gonflée d'air pèse plus que la même outre vide.

Ce débat, Albert de Saxe va s'efforcer d'y mettre fin en distinguant la gravité *potentielle* ou *habituelle* de la gravité *actuelle*[3].

La tendance à unir son centre de gravité au centre du Monde, un grave la conserve toujours identique à elle-même; lorsque le grave est à son lieu naturel, elle existe simplement à l'état *potentiel* ou *habituel;* elle consiste alors, pour ce grave, en un désir de demeurer où il est. Veut-on l'arracher de ce lieu? la pesanteur potentielle passe aussitôt à l'état *actuel* et se manifeste sous forme de résistance. Le grave est-il placé hors de son lieu? la pesanteur actuelle le met en mouvement si aucun obstacle ne s'y oppose : « Si quelque support l'arrête ou le retient hors de son lieu, la pesanteur demeure à l'état actuel; il est vrai qu'elle ne communique plus un mouvement actuel au corps pesant, mais elle produit un effort actuel pour comprimer ce qui retient ce corps par violence. »

La gravité habituelle, celle qu'un élément possède lorsqu'il

1. Au sujet de ce débat, voir Thurot, *Recherches historiques sur le Principe d'Archimède* (*Revue Archéologique*, nouvelle série, t. XVIII, p. 389, 1868; t. XIX, p. 42, p. 111 et p. 284; t. XX, p. 14, 1869).

2. Aristote, *De Cœlo et Mundo,* lib, IV. cap. VI.

3. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* libri III quæstio III. Cf. in librum I quæstio X.

est en son lieu naturel, ne saurait produire une semblable pression. L'eau de la mer, qui se trouve en son lieu naturel, ne presse point l'eau qui se trouve au-dessous d'elle[1], ni la terre qui forme le fond de l'Océan. « Si les parties centrales de la Terre[2] sont plus denses que les parties externes, ce n'est point qu'elles soient comprimées par les parties terrestres qui se trouvent au-dessus d'elles; celles-ci ne pèsent pas sur les parties sous-jacentes. » D'autre part, « si une vessie gonflée pèse plus avec l'air qu'elle renferme que la vessie seule et dégonflée, c'est que l'air contenu dans cette vessie est quelque peu condensé et comprimé, ce qui le rend plus lourd que l'air extérieur; et dans un milieu moins grave, un corps plus grave descend. »

C'est donc par une suite logique de ses théories hydrostatiques qu'Albert, dans ses *Questions* sur le *De Cœlo,* admet la doctrine géodésique que nous avons résumée : D'une part, l'eau est terminée par une sphère qui a son centre au centre du Monde; d'autre part, le centre de gravité de la terre ferme, considérée isolément, est également au centre du Monde. Lors même que la terre ferme aurait la forme sphérique, elle ne serait pas entièrement recouverte par les eaux, car son centre de gravité ne coïnciderait pas pour cela avec son centre de figure; celui-ci serait donc hors du centre de l'Univers et la sphère solide ne serait pas concentrique à la sphère des eaux[3].

D'ailleurs, Albert admet[4] que la terre ferme a non pas rigoureusement, mais approximativement, la forme d'une sphère. « La Terre est ronde, » dit-il, « dans la limite où l'on peut regarder la hauteur des montagnes comme petite par rapport aux dimensions de la Terre entière et n'en point tenir compte. » Mais les arguments qu'il apporte à l'appui de cette thèse tendraient, pour la plupart, à prouver que la sphère

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Physico Auditu;* in librum IV quæstio X.

2. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* libri III quæstio III.

3. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* in librum II quæstiones XXVII et XXVIII (Ed. 1492) vel XXV et XXVI (Ed. 1518).

4. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* in librum II quæstio XXVII (Ed. 1492) vel XXV (Ed. 1518).

dont la surface terrestre est voisine, dont elle s'approche de plus en plus, a pour centre le centre même de l'Univers, qu'elle est, par conséquent, concentrique à la sphère des eaux.

« En premier lieu, » dit-il, « lorsque les graves tombent sur un sol qui n'appartient ni à une montagne ni à une vallée, ils le rencontrent toujours normalement; cela n'aurait point lieu si les graves ne tendaient tous au même centre; et comme toutes les parties de la Terre sont graves, elles tendent toutes au même centre; cela exige que la Terre soit ronde ou, du moins, tende vers la rotondité.

» En second lieu, toutes les parties de la Terre tendent au centre du monde; elles descendent vers les lieux les plus déclives, à moins qu'elles ne se soutiennent l'une l'autre, comme il arrive pour les parties qui forment les montagnes; néanmoins, dans le cours des temps, toute partie de la Terre descendra et sera précipitée vers le centre du Monde, ce qui semble être la cause de la rotondité terrestre.

» On voit par là que si la Terre était fluide comme l'eau, en sorte que chaque partie ne soutînt pas les parties voisines, elle s'écoulerait jusqu'à ce qu'elle soit entièrement ronde et parfaitement sphérique. »

Il semble, d'après ce raisonnement, que tous les phénomènes produits à la surface du sol par la pesanteur tendent à faire de la terre ferme une sphère parfaite ayant pour centre le centre du Monde, partant une sphère recouverte par les eaux. Mais, selon Albert de Saxe, cette fin ne sera jamais atteinte; un mouvement de soulèvement du sol, produit par ces érosions mêmes, en compense à chaque instant l'effet; nous l'avons déjà entendu développer cette théorie; il y revient[1] à la fin du second livre du *De Cœlo :*

« Le centre de grandeur de la Terre ne coïncide pas avec son centre de gravité; d'un côté, la Terre est plus voisine du Ciel et les eaux la laissent à découvert; de l'autre, elle est plus éloignée du Ciel et recouverte par les eaux; c'est vers ce

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* in librum II quæstio XXVIII (Ed. 1492) vel XXVI (Ed. 1518).

côté que s'écoulent toutes les eaux, afin de se rapprocher du centre du Monde.

» ... Mais, direz-vous, ne peut-on reprendre une précédente objection? En même temps que les fleuves, des parties de la Terre s'écoulent constamment vers la mer; par là, la Terre finira par être aussi voisine du Ciel du côté où les eaux la couvrent que du côté découvert; et, lorsque cela aura lieu, elle sera entièrement couverte par les eaux.

» Nous répondrons que cela n'aura jamais lieu, et voici pourquoi : Quand les particules terrestres sont entraînées vers l'autre côté de la Terre, cet autre côté devient plus lourd et il pousse celui-ci vers le haut, comme nous l'avons expliqué en une précédente question. Il en sera toujours ainsi, et cela, grâce à la dissymétrie de la Terre; cette dissymétrie a été réglée par Dieu, de toute éternité, pour le salut des animaux et des plantes. »

Une partie de la terre ferme demeurera donc toujours émergée; mais Albert admet[1], avec Aristote, que cette partie ne demeurera pas toujours la même au cours des siècles : « Je crois que, par suite du changement de l'écliptique solaire, cette partie de la Terre qui est aujourd'hui émergée était autrefois immergée et inversement; ce fait est mis en évidence par Aristote dans le second livre des *Météores;* il ne dit pas, toutefois, qu'il faille l'attribuer à la variation de l'orbite solaire. »

III

Ce que Léonard de Vinci a emprunté a Albert de Saxe.

Parmi les cahiers manuscrits où Léonard a consigné au jour le jour ses réflexions de toute nature, et que conserve la Bibliothèque de l'Institut, l'un des plus importants est celui que désigne la lettre F[2]. Par une heureuse et trop rare circonstance, ce manuscrit est daté. En tête du premier feuillet,

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* in librum II quæstio XXVIII (Ed. 1492) vel XXVI (Ed. 1518).

2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. F de la Bibliothèque de l'Institut, Paris, 1889.

on lit cette indication, écrite, selon la constante habitude de Léonard, de droite à gauche : « Comincato ammilano addi 12 dissettembre 1508. — Commencé à Milan le 12 septembre 1508. »

Le verso de la couverture de ce cahier est lui-même couvert d'inscriptions diverses; on y voit, entre autres, une liste, une sorte d'inventaire d'objets appartenant à Léonard de Vinci ou empruntés par lui. Cette liste commence par ces mots : « Livres de Venise. » On y trouve, en effet, à côté de « miroirs concaves » et de « couteaux de Bohême », des titres de livres ou de manuscrits, tels que « Vitruve », « Archimède, *De centro gravitatis* », l'« *Anatomie* d'Alesandro Benedetto », le « *Dante* de Nicolo della Croce ».

C'est à la suite de cette liste que l'on déchiffre ces lignes :

« Albertucco elmarliano decalculatione »

« Alberto decelo e mundo — da fra bernardino »

Que M. Ravaisson-Mollien traduit ainsi :

« Albertuccio et Marliano, de calculatione, »

« Albert, de Cœlo et Mundo, par frère Bernardino. »

Quels sont les ouvrages dont ces quelques lignes nous révèlent la présence entre les mains de Léonard?

Une note de M. Ravaisson-Mollien nous rappelle que Marliano, premier médecin de Jean Galeasz Sforza, mort à Milan en 1483, avait composé un écrit intitulé : *De proportione motuum in velocitate*. Le sujet de cet écrit a rapport à certaines questions touchées par Léonard au cours du cahier F; il est donc raisonnable de croire que l'ouvrage auquel Léonard fait allusion est bien celui qu'indique M. Ravaisson-Mollien.

Mais comment faut-il interpréter le nom *Albertucco*, qui précède la mention de cet ouvrage? M. Ravaisson-Mollien propose, avec un point de doute, la traduction : Leone Battista Alberti[1]. M. Eug. Müntz[2] admet, en effet, que cette indication se rapporte à Alberti.

1. A la table des matières du ms. F, au mot *Albertuccius*, M. Ravaisson-Mollien écrit : « Mon frère Louis Ravaisson-Mollien, de la Bibliothèque Mazarine, me fait remarquer qu'un des deux Albert de Saxe, Franciscain du xve siècle, fut appelé Albertuccius. »

2. Eugène Müntz, *Léonard de Vinci, l'artiste, le penseur, le savant*, p. 308 (en note), Paris, 1899.

De prime abord, une remarque rend douteuse cette interprétation ; Léonard cite Alberti en d'autres passages[1] ; il ne l'y nomme point *Albertucco,* mais *Battista Alberti.* D'autre part, nous savons qu'au XVIe siècle, on a coutume de désigner Albert de Saxe par le surnom d'*Albertutius* ou *Albertuccius.* Nous sommes donc conduits à penser que l'auteur mentionné par Léonard n'est point Alberti, mais Albertus de Saxonia.

Cette présomption est confirmée par cette autre remarque : La seconde partie du *Tractatus proportionum* d'Albert de Saxe, si souvent imprimée au XVe siècle et à la fin du XVIe siècle, est intitulée[2] : *Tractatus de proportione velocitatum in motibus.* Il semble donc tout naturel que Léonard ait rapproché cet écrit de celui de Marliano.

Dans un moment, nous verrons ces présomptions se changer en certitude.

La mention : « Albert, *De Cœlo et Mundo* » est regardée par M. Ravaisson-Mollien comme se rapportant à Albert le Grand. Mais rien, dans les notes que renferme le cahier F, ne rappelle les théories physiques de Maître Albert ; nous verrons, au contraire, que l'on y peut reconnaître des emprunts nombreux et importants aux *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo* composées par Albert de Saxe ; c'est donc sûrement cet écrit que Léonard avait en mains et qu'il a entendu mentionner par ces mots : « Alberto decelo e mundo. »

Les considérations qui précèdent nous montrent que Léonard de Vinci, lorsqu'il jetait ses pensées sur les feuillets du Cahier F, avait sans doute en mains deux ouvrages d'Albert de Saxe : le *Tractatus proportionum* et les *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo.* Mais, lors même qu'il ne nous en eût point laissé le témoignage, l'étude de ses notes nous eût bientôt appris qu'il avait médité les doctrines du vieux maître en Sorbonne.

Qu'est-ce que Léonard a emprunté au *Tractatus proportionum*

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien ; ms. F de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 82, recto ; ms. G de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 54, recto.

2. B. Boncompagni. *Intorno al un comento di Benedetto Vittori, medico Faentino, al* Tractatus proportionum *di Alberti di Sassonia* (*Bulletino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche e fisiche*, t. IV, p. 493 ; 1871).

d'Albert et au traité *De proportione motuum in velocitate* de Marliano? Sans doute, ces propositions[1] qui, toutes, découlent du vieil axiome péripatéticien : La vitesse d'un mobile est proportionnelle à la force qui meut ce mobile. A cet égard, il peut sembler bien difficile d'émettre une affirmation formelle. Développées par tous les commentateurs d'Aristote, depuis Alexandre d'Aphrodisias et Simplicius, ces propositions étaient du domaine commun. Heureusement, le témoignage même de Léonard nous apporte, à cet égard, une certitude. Voici ce que nous lisons dans un de ses cahiers[2] : « Albert de Saxe dit, dans son *Des proportions,* que si une puissance meut un mobile avec une certaine vitesse, elle mouvra la moitié de ce mobile du double plus vite. Il ne me paraît pas ainsi, à moi... »

Non moins saisissants et probants sont les rapprochements que l'on peut faire entre mainte note de Léonard et les *Questions* d'Albertutius sur le *De Cœlo et Mundo.* Prenons, par exemple, ce que nous lisons dans ces deux auteurs au sujet de la figure que l'on voit dans la Lune.

Voici comment s'exprime Albert de Saxe[3] : « On demande, en quatrième lieu, si cette tache qui apparaît dans la Lune provient de la diversité des parties de la Lune ou bien si la cause en est extrinsèque à cet astre.

» On tente de prouver qu'elle ne provient pas de la diversité des parties de la Lune. En premier lieu, en effet, la Lune est un corps simple; or les parties d'un corps simple, considérées sous un même rapport, sont toutes semblables entre elles; cela est apparent dans l'eau, dans l'air et dans les autres corps simples.

» En second lieu, les parties du Soleil ou bien celles de toute autre étoile sont semblables et uniformes en rareté et densité; il en est donc de même des parties de la Lune; et, par conséquent, cette apparence de tache ne peut provenir de la diversité des parties de la Lune.

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 26, recto, et fol. 51, verso.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. I de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 120 (72), recto.

3. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* in librum II quæstio XXIV (Ed. 1492) vel XXII (Ed. 1518).

» Troisièmement, si elle avait une telle cause, c'est donc que diverses parties de la Lune seraient plus rares et d'autres moins; mais on prouve qu'il n'en est pas ainsi; car, dans les éclipses de Soleil, les rayons du Soleil parviendraient jusqu'à nous en traversant les parties de la Lune qui sont les plus rares; et cela est évidemment faux.

» Enfin, on prouve que cette apparence de tache provient d'une cause extrinsèque. Le corps même de la Lune est un corps lisse, bien poli et semblable à un miroir; la Terre, se trouvant en regard de la Lune, y engendre son image et ressemblance comme dans un miroir; lors donc que nous regardons la Lune, nous y voyons la Terre par réflexion, et de là cette apparence de tache.

» Au sujet de cette question, j'examinerai d'abord la question en elle-même, j'exposerai les diverses opinions qui ont été émises à son sujet et je les réfuterai. En second lieu, j'exposerai l'opinion que je crois véritable.

» *En premier lieu,* il existait une opinion selon laquelle la tache qui apparaît dans la Lune avait pour cause une vapeur élevée par la Lune même; interposée entre l'astre et nous, cette vapeur nous obscurcissait certaines parties de la Lune. Un commentateur ajoute que, selon certains, la Lune attirait à elle une telle vapeur pour s'en nourrir.

» D'autres disent que la Lune a un grand pouvoir sur les eaux et l'humidité; sa nature est donc d'attirer au-dessous d'elle une semblable vapeur. Tous ces auteurs s'accordent donc à attribuer la tache qui apparaît dans la Lune, non point à la diversité des parties lunaires, mais à une cause extrinsèque.

» Mais cette opinion n'est pas valable. Ces exhalaisons et ces vapeurs ne seraient point attirées également en tout temps; elles n'auraient point une figure toujours semblable à elle-même, mais essentiellement changeante. Au contraire, cette tache apparaît constamment et a toujours la même forme; par conséquent, elle n'est point causée par une vapeur ou exhalaison interposée entre la Lune et nous.

» On ne peut, surtout, regarder comme valable l'opinion

des premiers, selon lesquels la Lune attire à soi des vapeurs afin de s'en nourrir; les corps célestes n'ont pas à se nourrir, car ils ne sont sujets ni à la génération, ni à la corruption, ni à l'altération.

» Une autre opinion prétendait que cette tache est la représentation de quelque objet de ce monde inférieur, soit de la Terre, soit des montagnes, soit de quelque chose d'analogue; ces corps seraient vus dans la Lune comme des corps peuvent être vus par réflexion dans un miroir, et cela parce que, selon cette opinion, la Lune est polie comme un miroir.

» Cette opinion ne vaut pas; car lorsque la Lune se meut, la partie de la Lune où paraît cette tache devrait changer d'un instant à l'autre; exactement comme les images changent de place dans un miroir en mouvement; et cela n'est point.

» D'ailleurs, si la Lune avait le pouvoir de réfléchir les images des corps, l'image de la Terre tout entière devrait apparaître dans la Lune; or, il est faux qu'elle y apparaisse, car la Terre n'a point la forme de cette tache.

» *En second lieu,* le Commentateur émet une troisième opinion que je crois véritable : Cette tache proviendrait de la diversité des parties de la Lune qui seraient plus ou moins rares ou plus ou moins denses les unes que les autres. Les parties en lesquelles la tache se montre sont les plus rares, ce qui les rend moins aptes à reluire; les parties qui les avoisinent sont plus denses et, par là, brillent davantage. Cela se comprend par analogie avec l'albâtre; les parties de l'albâtre qui sont très denses et non transparentes paraissent fort blanches; celles qui sont transparentes comme du verre sont obscures et tirent sur le noir. Si l'on demande pourquoi la Lune présente de telles différences entre ses diverses parties, il faut répondre que telle est sa nature... »

« *Réponses aux arguments du début.* — Au premier, je répondrai que la Lune est, en effet, simple en substance; mais que cela n'empêche pas qu'elle ne puisse, entre ses diverses parties, présenter des différences de rareté et de densité.

» Au second, je répondrai qu'il n'y a point de comparaison entre le Soleil et les étoiles, d'une part, et la Lune, d'autre

part. Il n'y a pas lieu d'assigner la cause de cette dissemblance; elle tient à la nature de ces corps.

» Au sujet du troisième, je dirai qu'une partie de la Lune est, il est vrai, un peu plus rare que l'autre; mais qu'elle n'est pas rare à ce point que les rayons solaires puissent traverser toute l'épaisseur de la Lune.

» Ce qu'il faut répondre au dernier argument découle de la réfutation de la seconde opinion. »

Lisons maintenant ce qu'écrit Léonard de Vinci [1] sur ce même sujet des taches de la Lune.

« *Taches de la Lune.* — Quelques-uns disent qu'il s'en élève des vapeurs semblables à des nuages et qu'elles s'interposent entre la Lune et nos yeux. S'il en était ainsi, jamais de telles taches ne seraient stables ni de position ni de figure, et en voyant la Lune en divers aspects, ces taches, quand même elles ne varieraient pas, changeraient de figure comme fait la chose qu'on voit par plusieurs côtés.

» On a dit aussi que les taches de la Lune sont dues à ce que la Lune est, en soi, de raretés et densités diverses. S'il en était ainsi, dans les éclipses de Lune *(sic)*, les rayons solaires pénétreraient par quelque partie dans la susdite rareté; un tel effet ne se voyant pas, ladite opinion est fausse.

» D'autres disent que la surface de la Lune étant nette et polie, elle reçoit en soi comme un miroir la ressemblance de la Terre.

» Cette opinion est fausse, puisque la Terre découverte par l'eau a, sous différents aspects, diverses figures; car quand la Lune est à l'orient, elle réfléchirait d'autres taches que quand elle est au-dessus de nous, ou que quand elle est à l'occident; or, les taches de la Lune, comme on le voit à la pleine lune, ne varient jamais dans le mouvement fait par elle dans notre hémisphère.

» Une deuxième raison est que la chose réfléchie dans la convexité prend une petite partie du miroir, comme il est prouvé en la perspective. Une troisième raison est qu'à la

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 84, recto, 84, verso, et 85, recto.

pleine lune, la Lune voit seulement le milieu de la sphère de la Terre illuminé, dans laquelle l'Océan resplendit avec les autres eaux, et la Terre fait des taches dans cette splendeur; et ainsi on verrait la moitié de notre Terre ceinte par la splendeur de la mer éclairée par le Soleil et, dans la Lune, une telle ressemblance serait une minime partie de cette Lune. La quatrième raison est que la chose qui resplendit ne se mire pas dans une autre splendeur; donc la mer prenant la splendeur du Soleil, comme fait la Lune, la Terre ne pourrait pas s'y réfléchir sans qu'on y vît se réfléchir particulièrement le corps du Soleil et de chacune des étoiles à elle opposées.

» D'autres disent que la Lune était composée de parties plus ou moins transparentes, comme si une partie était en sorte d'albâtre, et quelque autre en sorte de cristal ou de verre. Il s'ensuivrait que le Soleil frappant avec ses rayons dans la partie moins transparente, la lumière resterait à la surface; ainsi la partie plus dense resterait illuminée, et la partie moins dense montrerait les ombres de ses profondeurs obscures. Ainsi compose-t-on la qualité de la Lune et cette opinion a plu à beaucoup de philosophes, surtout à Aristote. Et pourtant c'est une fausse opinion, parce que sous les divers aspects que la Lune et la Terre offrent souvent à nos yeux, nous verrions ces taches varier et se faire tantôt obscures et tantôt claires. Elle se feraient obscures quand le Soleil est à l'occident et la Lune au milieu du Ciel, car alors les concavités transparentes prendraient ombre jusqu'au plus haut des lèvres de ces concavités transparentes, parce que le Soleil ne pourrait pas faire pénétrer ces rayons dans les bouches de ces concavités. Elles paraîtraient claires à la pleine lune, lorsque la Lune à l'orient regarde le Soleil à l'occident; alors le Soleil illuminerait jusqu'aux fonds de telles transparences; et ainsi, aucune ombre ne se produisant, la Lune ne nous montrerait pas en ce temps les susdites taches; et ainsi, tantôt plus, tantôt moins, selon les changements du Soleil par rapport à la Lune et de la Lune par rapport à nos yeux, comme je l'ai dit ci-dessus. »

La comparaison de ces deux textes ne saurait laisser place

au doute; lorsque Léonard écrivait ses réflexions sur les taches de la Lune, il venait de lire la discussion d'Albert de Saxe sur le même sujet. Il l'avait lue, d'ailleurs, comme peut lire un homme de génie qui, bien rarement, se résigne à suivre servilement la pensée d'autrui; aux objections qu'Albertutius avait adressées à certaines hypothèses, il avait ajouté ou substitué ses propres objections; et l'explication même à laquelle le vieux maître en Sorbonne avait accordé ses préférences n'était pas demeurée sauve des critiques du grand peintre. Nous verrons plus loin que celui-ci avait, à son tour, une explication à proposer.

Léonard s'inspire encore des *Quæstiones* d'Albert de Saxe, mais il s'en inspire toujours avec la même liberté, lorsqu'il discute cette question, soulevée par les Pythagoriciens et par les Platoniciens: Les mouvements célestes produisent-ils des sons?

Albert de Saxe avait observé[1] que « le mouvement, lorsqu'il est rapide, cause un son, pourvu cependant qu'il soit accompagné des conditions nécessaires à la production du son, telles qu'un frottement, un ébranlement de l'air, et autres semblables; mais toutes ces conditions font défaut dans le mouvement des corps célestes. »

En ce mouvement, « il ne se produit point de frottement énergique, car les corps célestes sont lisses et polis; et cependant un frottement énergique est nécessaire pour que le mouvement des corps engendre un son. »

Il ne faut point se représenter le mouvement de deux orbites voisines à l'image du mouvement de deux roues d'engrenage. « Une orbite n'entraîne point violemment l'orbite voisine; il n'y a point d'entraînement des orbites l'une par l'autre, car les surfaces des corps célestes sont parfaitement lisses; elles ne présentent point d'aspérités par lesquelles une orbite puisse s'accrocher à l'autre et l'entraîner dans son mouvement. »

D'autre part, dans les mouvements célestes, on ne trouve pas « cette percussion ou cet ébranlement de l'air qui est nécessaire pour qu'il y ait son. On objectera peut-être que cet ébranlement de l'air n'est point indispensable à la génération

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* in librum II quæstio XVI (Ed. 1492) vel XV (Ed. 1518).

du son, mais seulement à sa propagation. Cette objection est sans valeur. Je pourrais, en effet, en raisonnant de même, prétendre qu'il y a un son dans un corps quelconque lorsqu'il est en repos, mais qu'on ne l'entend pas, parce que ce corps en repos ne communique aucun frémissement à l'air qui l'environne et que ce frémissement est nécessaire pour que le son soit entendu, car la *species* du son se propage par l'intermédiaire de l'air vibrant. »

L'influence de ces raisonnements se reconnaît, mais, parfois, profondément modifiée, dans ce passage écrit par Léonard[1] : « *Du frottement des cieux, s'il fait un son ou non.* Tout frottement est causé par l'air frappant un corps dense, et s'il est fait par deux corps graves entre eux, c'est au moyen de l'air qui les entoure; et ce frottement-là consume les corps frottés. Donc il suivrait que les cieux dans leur frottement, pour ne pas avoir d'air entre eux, ne produiraient pas de son. Si cependant ce frottement avait vérité, ces cieux, en tant de siècles durant lesquels ils ont tourné, auraient été consumés par leur si immense vitesse de chaque jour. Et s'ils faisaient un son, celui-ci ne pourrait se répandre, puisque le son de la percussion faite sous l'eau s'entend peu, et s'entendrait moins ou pas du tout dans les corps denses. Le frottement non plus des corps polis ne fait pas de bruit, et c'est de même qu'il se trouverait qu'il ne se fait pas de bruit au contact ou frottement des cieux. Et si ces cieux ne sont pas polis au contact de leur frottement, il suit qu'ils sont globuleux ou rugueux, donc leur contact n'est pas continuel, et s'il en est ainsi, le vide se produit, lequel on conclut ne pas se trouver dans la nature. Donc il est conclu que le frottement aurait consumé les termes de chaque ciel, et autant il est plus rapide vers le milieu que vers les pôles, il se consumerait plus au milieu qu'aux pôles; puis il n'y aurait plus de frottement et le son cesserait, et les danseurs s'arrêteraient, à moins que des cieux l'un ne tournât à l'orient et l'autre au septentrion. »

Entre les doctrines d'Albert de Saxe et les opinions émises par Léonard, on pourrait faire maint rapprochement analogue;

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 56, verso.

on pourrait, par exemple, comparer ce passage[1] du premier : « Si un mobile se mouvait dans le vide, il ne causerait aucune chaleur; car le mouvement n'engendre de la chaleur que par le frottement du mobile contre le milieu, » à cette phrase[2] du second : « Le frottement très rapide de deux corps denses engendre du feu. » Mais ne nous arrêtons pas à toutes les concordances de détail que l'on pourrait relever ; portons notre attention sur celles qui ont trait à la théorie de la gravité développée par Albertutius; cette théorie, en effet, paraît avoir sollicité d'une manière toute spéciale l'attention de Léonard de Vinci.

Voici d'abord un fragment[3] où Léonard reproduit la distinction essentielle sur laquelle repose la théorie d'Albert de Saxe.

« *Du centre du grave.* Tout corps non uniforme a trois centres, c'est-à-dire de la grandeur, de la gravité accidentelle[4] et de la gravité naturelle; mais si on incorporait le centre du Monde, il manquerait le centre de la gravité accidentelle. »

« Des corps non uniformes qui ont un centre de grandeur et un centre de gravité naturelle. Et on ne pourra recevoir le centre du Monde sinon dans le centre de gravité et celui de la grandeur restera à part. »

Dans cet autre fragment[5], Léonard montre, suivant l'avis d'Albert de Saxe, comment le centre de gravité de la Terre subit de perpétuels changements de lieu :

« Parce que le centre de la gravité naturelle de la Terre doit être au centre du Monde, la Terre va toujours en s'allégeant

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Physico Auditu;* in librum IV quæstio IX.

2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 85, verso. — Ce passage me paraît être le seul que l'on pourrait invoquer si l'on voulait prétendre que Léonard a connu les *Quæstiones* sur la *Physique;* il est, je crois, insuffisant à établir cette opinion. Léonard n'a probablement connu que les *Quæstiones* sur le *De Cœlo,* seules imprimées avant 1508.

3. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 54, recto.

4. Il me paraît facile de deviner ce que Léonard entend par centre de la gravité accidentelle; la *gravité accidentelle* désigne, pour beaucoup de scolastiques, ce que Léonard nomme généralement *impeto;* cette notion confuse correspond plus ou moins exactement à nos idées modernes de *vitesse acquise,* de *quantité de mouvement* et de *force vive;* de même que, pour Léonard, la *gravité naturelle* a son siège en un point, le *centre de gravité naturelle,* de même la gravité accidentelle est condensée au *centre de gravité accidentelle.* Si le grave *incorpore* le centre du Monde, il y demeure en repos, et la gravité accidentelle disparaît avec son centre.

5. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 70, recto.

en quelque partie, et la partie allégée pousse en haut, et submerge autant de la partie opposée qu'il en faut pour qu'elle joigne le centre de la susdite gravité au centre du Monde; et la sphère de l'eau tient constamment sa surface équidistante au centre du Monde.

» Où le Soleil est droit au-dessus, la Terre s'allège; couverte par l'air, les eaux et la neige lui ont manqué; du côté opposé, les pluies et les neiges alourdissent la Terre, la poussent vers le centre du Monde et éloignent de ce centre les parties allégées; ainsi la sphère de l'eau conserve l'égalité de distance du centre de sa sphère, mais non de la gravité. »

Albertutius avait montré comment la Terre tendait constamment à la sphéricité; Léonard reprend[1] les mêmes considérations :

« *Du Monde.* Tout grave tend en bas, et les choses hautes ne resteront pas à leur hauteur, mais avec le temps elles descendront toutes et ainsi, avec le temps, le Monde restera sphérique et, par conséquent, sera tout couvert d'eau. »

Albert avait reculé devant cette conséquence; il s'était efforcé d'expliquer comment une terre ferme émergerait toujours hors des eaux. C'est en énumérant les opinions à réfuter qu'il avait écrit[2] ces mots : « Omne grave tendit deorsum nec perpetuo potest sic sursum sustineri, quare jam totalis terra esset sphærica et undique aquis cooperta. » Plus audacieux, Léonard n'hésite pas à annoncer que le jeu même de la gravité tend à l'inondation totale de l'Univers; non seulement il transcrit[3] mot pour mot la phrase d'Albert de Saxe : « Omne grave tendit deorsum nec perpetuo potest sic sursum sustineri, quare jam totalis terra esset facta sphærica, » mais encore il revient avec insistance sur cette prophétie.

« Si la Terre était sphérique[4], aucune partie n'en serait découverte par la sphère de l'eau... Perpétuels sont les bas lieux du fond de la mer, et les cimes des monts sont le

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 84, recto.
2. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* in librum II quæstio XXVIII (Ed. 1492) vel XXVI (Ed. 1518).
3. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 84, recto.
4. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 52, verso.

contraire; il suit que la Terre se fera sphérique et toute couverte des eaux, et sera inhabitable. »

Dans ce continuel travail de la gravité qui, perpétuellement, tend à arrondir la terre ferme, l'érosion produite par les eaux pluviales joue un rôle essentiel; Albert de Saxe nous a signalé ce rôle; il nous a montré également comment l'érosion avait sculpté le relief du sol. Léonard reprend ces considérations; mais il les expose[1] en ingénieur habitué à l'observation minutieuse des phénomènes produits par les eaux courantes :

« Si la terre des antipodes qui soutient l'Océan s'élevait et se découvrait beaucoup hors de cette mer, étant presque plane, de quelle façon pourraient se créer avec le temps les monts et les vallées, et les pierres des diverses couches?

» La fange ou sable, d'où l'eau s'écoule, quand elle reste découverte par les inondations des fleuves, nous enseigne ce qui se demande ci-dessus.

» L'eau qui s'écoulerait de la terre découverte par la mer, quand cette terre s'élèverait beaucoup au-dessus de la mer, bien qu'elle fût presque plane, commencerait à faire divers ruisseaux pour les parties plus basses de cette surface, et ceux-ci, commençant ainsi à se creuser, se feraient réceptacles des autres eaux environnantes; de cette façon ils acquerraient, dans toute partie de leur longueur, de la largeur et de la profondeur, leurs eaux croissant toujours jusqu'à ce que toute cette eau se soit écoulée; et ces concavités seraient ensuite les cours des torrents qui reçoivent les eaux des pluies; et ainsi elles iraient consumant les berges de ces fleuves jusqu'à ce que les terres qui les séparent les uns des autres se fissent monts aigus et que, l'eau s'écoulant, ces collines commençassent à se sécher et à créer les pierres en couches plus ou moins grandes selon les épaisseurs des fanges que les fleuves auraient portées dans la mer avec leurs déluges. »

Albert admet que c'est le centre de gravité de la terre ferme qui occupe le centre du Monde; la présence de l'eau en certaines parties de la surface qui termine la terre solide, son absence en d'autres parties de cette même surface ne sauraient

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 11, verso.

déranger ce centre de gravité. Léonard de Vinci a-t-il admis cette théorie?

Léonard connaît le principe sur lequel elle repose; il l'énonce [1] en résumant Albert de Saxe : « Aucun élément simple n'a de légèreté ni de gravité dans sa propre sphère, et si la vessie pleine d'air pèse plus aux balances qu'étant vide, c'est parce que cet air est condensé; et le feu pourrait se condenser de telle façon qu'il serait plus lourd que l'air ou égal à l'air, et peut-être plus lourd que l'eau et devenant égal à la terre. »

Mais de ce qu'il a connu de cette théorie, il n'en résulte point qu'il l'ait adoptée; en tout cas, il n'a pas admis sans conteste le corollaire qu'Albertutius en avait prétendu tirer.

La modification qu'il semble disposé à apporter à ce corollaire est d'ailleurs bien singulière ; il pense que l'eau n'alourdit pas la partie du globe qu'elle recouvre, mais, au contraire, l'allège ; il regarde cette proposition comme une conséquence du principe d'Archimède. Voici le passage [2] où se trouve exposée cette étrange opinion :

« *Si la Terre couverte par la sphère de l'eau est plus ou moins grave qu'étant découverte.* Je réponds que ce grave pèse plus qui est en milieu plus léger. Donc la terre qui est couverte par l'air est plus grave que celle qui est couverte par l'eau... » Deux petits croquis représentent des pyramides, en parties immergées dans une sphère liquide, en partie émergées; à côté de ces croquis, on lit : « Je dis que le centre de gravité de la pyramide étant placé au centre du Monde, cette pyramide changera de centre de gravité si elle est ensuite en partie couverte par la sphère de l'eau; et donnes-en exemple avec deux poids cylindriques égaux et semblables dont l'un soit à moitié dans l'eau et l'autre tout dans cette eau. Je dis que celui qui reste à moitié hors de l'eau est plus grave, comme il est prouvé. »

A une théorie formellement contraire aux lois de l'Hydrostatique, Léonard de Vinci en a substitué une autre qui ne s'accorde pas mieux avec les principes de cette science. Nous

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 69, verso.
2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 69, recto.

allons voir que le grand peintre fut souvent mieux inspiré, soit qu'il se proposât simplement de développer les pensées d'Albert de Saxe, soit qu'il rejetât les doctrines du scolastique en faveur de théories nouvelles.

IV

Ce que Léonard de Vinci a ajouté aux théories d'Albert de Saxe

Léonard de Vinci a donc étudié les *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo* composées par Albert de Saxe; il ne les a point étudiées en lecteur attentif, désireux de pénétrer très complètement la pensée d'un auteur et de se l'assimiler très exactement; il les a étudiées avec un sens critique toujours en éveil, avec une imagination toujours prête à enfanter des hypothèses nouvelles, avec une habileté de géomètre et un talent d'observateur toujours disposé à enrichir les doctrines d'Albert de Saxe ou à leur substituer des théories différentes.

Les discussions que développe Albertutius suggèrent à Léonard des problèmes nouveaux.

Ainsi le vieux maître en Sorbonne examine, après Aristote, cette question[1] : Peut-il exister deux mondes semblables, construits autour de deux centres distincts? Bien qu'avec le Philosophe, il tienne pour la négative, il examine quelques corollaires de l'hypothèse affirmative.

En chacun de ces deux mondes semblables, il y aurait une terre; ces deux terres de même nature se comporteraient de même à l'égard des centres des deux mondes; « chacune de ces deux terres aurait tendance à se mouvoir non seulement vers le centre du monde au sein duquel elle se trouve, mais aussi vers le centre de l'autre monde; » « il n'en résulte pas que chacune de ces deux terres tendrait vers l'autre; chacune d'elles, si on l'écartait du centre du monde auquel elle appar-

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* in librum I quæstio XII (Ed. 1492) vel X (Ed. 1518).

tient, se dirigerait vers ce centre et non vers l'autre, parce qu'elle est plus rapprochée de celui-là; mais s'il lui arrivait d'être placée à égale distance des deux centres, elle se tiendrait en équilibre entre eux, comme un morceau de fer entre deux aimants qui l'attireraient également ».

Léonard, ayant lu ce passage, se pose d'autres questions analogues à celle qu'a examinée Albert de Saxe. Le premier problème qui sollicite son attention[1] concerne le mouvement d'un grave qui parcourt la perpendiculaire menée à la ligne de jonction de deux centres par le milieu de cette ligne.

« *Donnés les centres de deux mondes sans éléments, très éloignés l'un de l'autre, et donné un grave uniforme dont le centre de gravité soit également éloigné des deux dits centres, puis un tel grave étant laissé tomber, quel sera son mouvement?*

» Il ira longtemps se mouvant avec un mouvement ayant toute partie de sa longueur également distante de chacun des centres, et finalement, il s'arrêtera à une égale distance de chacun des deux dits centres, au plus prochain lieu qu'ait la ligne de son mouvement. »

D'autres questions analogues se présentent à l'esprit de Léonard[2] :

« Donné que serait le contact de deux corps terrestres avec leurs éléments, quelle figure prendraient les éléments à leur contact?

» Donné un grave sphérique au contact de l'élément du feu avec l'autre élément du feu, qui pèse autant vers l'un des centres de tels éléments que vers le centre des autres éléments, ce grave descendra obliquement et se posera sur le contact des deux corps terrestres..., et son mouvement sera oblique. » Léonard entend par ces derniers mots que la trajectoire de ce grave, dirigée suivant une perpendiculaire à la ligne qui joint les deux centres, ne sera verticale ni pour l'une ni pour l'autre des deux terres en contact.

Les problèmes relatifs à l'action simultanée de deux centres fixes étaient destinés à solliciter les efforts des géomètres qui

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 83, verso.
2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, *loc. cit.*

ont suivi Newton. A l'époque où Léonard écrivait ses notes, de tels problèmes, loin de pouvoir être résolus, ne pouvaient même être posés d'une manière complètement déterminée.

Parfois, Léonard se posait à lui-même des problèmes mieux adaptés aux connaissances mathématiques qui avaient cours de son temps et, dans ce cas, il en obtenait la solution; de ce nombre est la recherche du centre de gravité du tétraèdre.

La théorie de la pesanteur développée par Albert de Saxe faisait un constant appel à la considération du centre de gravité des solides; mais la recherche de tels centres de gravité n'avait presque jamais sollicité les efforts des géomètres. Dans ses immortels ouvrages, Archimède avait seulement enseigné comment on peut déterminer le centre de pesanteur de figures planes; assurément, ses recherches sur les corps flottants nous montrent qu'il connaissait le centre de gravité du paraboloïde de révolution, mais le procédé par lequel il l'avait obtenu ne nous a pas été transmis. Pappus, tout en donnant la définition du centre de gravité pour des corps à trois dimensions, n'a ensuite traité de ce point qu'en des figures planes. C'est seulement au milieu du XVIe siècle que les travaux de Maurolycus et de Commandin ont inauguré l'étude du centre de gravité des solides.

Or, Léonard de Vinci avait, d'un demi-siècle, précédé Maurolycus et Commandin, comme en témoigne cette courte note[1] :

« Le centre de toute gravité pyramidale est dans le quart de son axe, vers la base; et si tu divises l'axe en 4 [parties] égales, et que tu entrecoupes deux des axes de cette pyramide, une telle intersection aboutira au susdit quart. »

Quelle démonstration avait fourni à Léonard de Vinci ce beau théorème, que Maurolycus devait retrouver seulement en 1548? Nous en sommes réduits, sur ce point, aux conjectures que nous suggèrent les figures jointes à l'énoncé. Léonard montrait sans doute que le centre de gravité du solide devait se trouver sur la ligne qui réunit un sommet au centre de gravité de la base opposée; il reconnaissait alors que ce centre

1. *Les Manuscrits de* Léonard de Vinci, ms. F, fol. 51, recto.

de gravité était le point de concours des quatre lignes analogues issues des quatre sommets du tétraèdre[1].

Il n'est pas douteux que ce problème de Géométrie ne se soit présenté à l'esprit de Léonard à propos de la théorie de la pesanteur donnée par Albert de Saxe; nous avons vu, en effet, qu'au moment de discuter la doctrine de cet auteur touchant les relations de la terre solide, de son centre de gravité et de la sphère des eaux, Léonard de Vinci considérait[2] un ensemble analogue, où la terre était remplacée par une pyramide.

Ainsi, pour développer certaines doctrines d'Albert de Saxe, Léonard faisait parfois appel à son talent de géomètre; parfois, aussi, il usait des observations qu'avaient accumulées sa curiosité de naturaliste et sa sagacité d'ingénieur.

Albert de Saxe avait nettement caractérisé ces deux sortes de phénomènes géologiques : d'une part, l'érosion, produite par les eaux fluviales, qui entraîne à la mer la terre des continents; d'autre part, des oscillations du sol qui peuvent aller jusqu'à immerger certains continents et à faire sortir de l'Océan des terres nouvelles, longtemps couvertes d'eau.

Nous avons vu Léonard résumer avec netteté ces doctrines du vieux maître en Sorbonne; nous l'avons vu décrire les phénomènes d'érosion en hydraulicien qui les a minutieusement observés; il n'hésite pas devant les opinions les plus audacieuses d'Albert de Saxe; il admet avec lui que les terres aujourd'hui habitables ont été jadis submergées.

A l'appui de ces opinions géologiques empruntées à Albert de Saxe, Léonard cite des preuves convaincantes, capables d'établir à la fois les phénomènes d'érosion qui ont constitué les dépôts sous-marins et les soulèvements par lesquels ces dépôts ont émergé de la surface des eaux; ces preuves sont fournies par les roches sédimentaires que l'on observe jusqu'au sommet des montagnes et par les fossiles que l'on y trouve.

1. Avec son inexactitude habituelle, Libri (*Histoire des Sciences mathématiques en Italie*, t. III, p. 41; 1840) dit : « La figure qui accompagne sa note prouve que Léonard décomposait les pyramides en plans parallèles à la base, comme on le fait à présent. » Les *deux* figures qui accompagnent la note de Léonard n'offrent aucune trace de cette décomposition; seules y sont tracées les médianes des bases et les lignes joignant les sommets aux points de concours de ces médianes.

2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 69, recto.

« Si les monts [1] n'étaient pas restés en grande partie découverts par les eaux, les cours des fleuves n'auraient par pu porter autant de limon dans la mer qu'est celui qui vient à être mêlé à une grande hauteur aux animaux qu'elle a renfermés. »

Les coquilles que nombre de roches sédimentaires renferment en abondance ont dû, de toute antiquité, attirer l'attention des hommes. Mais il fallut bien longtemps pour qu'on y vît la preuve des mouvements du sol par lesquels le fond des mers est devenu terre ferme. En ces simulacres des coquillages qui vivent encore aujourd'hui au sein des mers on prétendait voir d'étranges dispositions prises par les pierres sous l'influence de certaines constellations. Léonard s'élève [2] avec force contre la puérilité de telles opinions :

« Et si tu veux dire que les coquilles sont produites par la nature dans ces montagnes moyennant les constellations, par quelle voie montreras-tu que ces constellations font les coquilles de diverses grandeurs et de divers âges et de diverses espèces en un même endroit?

» Et comment m'expliqueras-tu le gravier congelé par degrés à diverses hauteurs des hauts monts, parce que là se trouvent des graviers de diverses régions, apportés de divers pays par le cours des fleuves en cet endroit? Le gravier n'est pas autre chose que des morceaux de pierre qui ont perdu les angles par leur longue révolution, et par diverses percussions et chutes qu'ils ont eues au moyen des courses des eaux qui les ont conduits en ce lieu.

» Comment prouveras-tu le très grand nombre d'espèces diverses de feuilles congelées dans les hautes pierres de tels monts, et l'algue, herbe de mer, se trouvant à être mêlée aux coquilles et aux sables? Et ainsi tu verras toutes sortes de choses pétrifiées ensemble, avec des écrevisses de mer morcelées et entremêlées de ces coquilles. »

Pour justifier plus complètement l'origine qu'il attribue à

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 78, verso.
2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 80, verso. En titre : Des coquillages des montagnes.

ces débris végétaux et animaux, Léonard explique par quel mécanisme se sont formées les diverses sortes de fossiles que l'on peut observer. Citons en entier ce fragment[1], où Léonard se montre observateur si sagace et si exact :

« Quand la nature vient à la formation des pierres, elle produit une qualité d'humeur visqueuse qui, en séchant, se fige avec les choses qui s'y enferment sans changer ces choses en pierres, mais en les conservant avec la forme avec laquelle elle les a trouvées. C'est pour cela que les feuilles sont trouvées entières au dedans des pierres formées au bas des montagnes, avec le mélange de diverses espèces que leur ont laissées les inondations des fleuves nées au temps des automnes; là, les fanges des inondations suivantes les recouvrirent, puis ces fanges s'agrégèrent avec la susdite humeur et se changèrent en couches de pierres par degrés, selon les degrés de fange. »

« *Des os des poissons qui se trouvent dans les poissons pétrifiés.* Tous les animaux ayant les os en dedans de leur peau qui ont été couverts par les fanges des eaux des fleuves sortis de leurs lits ordinaires ont été à la minute imprimés en ces fanges. Et avec le temps, les lits des fleuves étant abaissés, ces animaux imprimés et enfermés dans ces fanges qui ont consumé leur chair et leurs organes, les os seuls leur restant, leur organisation étant décomposée, ces os sont tombés au fond de la concavité de leur empreinte. Et quand la fange, par son élévation au-dessus des eaux, s'est séchée de l'humidité aqueuse, dans cette concavité elle a pris l'humidité visqueuse, qui s'est faite pierre, enfermant avec elle ce qui s'y trouvait, remplissant de soi tous les creux. En trouvant la concavité de l'empreinte de tels animaux, elle pénètre subtilement dans les mêmes porosités de la terre par lesquelles l'air qui s'y trouvait s'échappe... Cette humeur, séchant, se fait pierre légère et conserve la même forme que les animaux qui ont laissé là leur empreinte, et elle en renferme les os. »

« *Des animaux qui ont les os au dehors, comme les coquillages, colimaçons ou huîtres, capes, les « buoli » (?) et de semblables, qui sont d'espèces innombrables.* — Quand les inondations des

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 80, recto, 79, verso, et 79, recto.

fleuves troublés de fine fange la déchargeaient sur les animaux qui habitaient sous les eaux voisines des rivages de la mer, ces animaux restaient empreints de cette fange; et se trouvant beaucoup sous un grand poids de cette fange, ils devaient nécessairement mourir, les animaux dont ils avaient l'habitude de se nourrir leur manquant. La mer s'abaissant avec le temps, cette fange, les eaux salées écoulées, vint à se changer en pierre; et les coquilles de ces coquillages, dont les animaux avaient été consumés, se trouvaient, à la place de ceux-ci, remplies de fange; ainsi, au milieu de la transformation en pierre de toute la fange environnante, la fange qui était restée à l'intérieur des têts des coquillages un peu ouverts s'étant jointe, par cette ouverture de la coquille, à l'autre fange, vint, elle aussi, à se convertir en pierre; et ainsi tous les têts de ces coquillages restèrent entre les deux pierres, c'est-à-dire entre celle qui les enfermait et celle qu'ils contenaient. On en trouve en beaucoup d'endroits, et presque tous les coquillages pétrifiés dans les rochers des montagnes ont encore leur têt naturel, surtout ceux qui avaient assez vieilli pour qu'ils se soient conservés par leur dureté; et les jeunes, étant déjà réduits en chaux en grande partie, avaient été pénétrés par l'humeur visqueuse et pétrifiable. »

En écrivant ce fragment, Léonard créait la Paléontologie; et il l'avait écrit pour confirmer les théories géologiques d'un scolastique du XIVe siècle.

V

Ce que Léonard de Vinci a opposé aux doctrines d'Albert de Saxe.

Inventeur de génie lorsqu'il se propose de confirmer et de compléter les enseignements d'Albert de Saxe, Léonard n'est ni moins original, ni moins heureux, en certaines circonstances où il rejette les doctrines de son prédécesseur pour leur substituer des hypothèses nouvelles.

Souvent, en effet, il se refuse à admettre les théories du vieux maître en Sorbonne, et son refus n'est pas toujours exempt de rudesse.

Les Pythagoriciens et les Platoniciens se plaisaient, on le sait, à établir un parallèle entre les cinq polyèdres réguliers convexes qu'avaient découverts les géomètres et les cinq essences simples dont l'Univers matériel était composé. Ils attribuaient le cube à la terre, l'icosaèdre à l'eau, l'octaèdre à l'air, le tétraèdre au feu, enfin le dodécaèdre à la cinquième essence, à celle dont le ciel est formé.

Aristote, et Albert de Saxe après lui [1], rejettent ces doctrines ; ils montrent, en particulier, que les éléments ne peuvent être construits au moyen de particules ayant la forme de polyèdres réguliers; parmi les polyèdres réguliers, deux seulement, le cube et l'octaèdre, peuvent *paver l'espace* et composer, par leur répétition, un réseau dont les mailles ne laissent aucun vide ; les autres constitueraient des réseaux où resteraient des espaces vides que la nature ne peut souffrir.

Ce raisonnement, fort sensé cependant, n'est pas du goût de Léonard. Il prend vivement à partie le docteur scolastique, fidèle interprète, en ce cas, de l'opinion d'Aristote :

« De la figure des éléments [2], et d'abord contre ceux qui nient l'opinion de Platon, disant que si ces éléments se revêtaient l'un l'autre avec les figures que met Platon, il se produirait du vide entre l'un et l'autre... De sorte que qui a dit qu'il s'engendre du vide a fait un triste discours.

» *Des cinq corps réguliers* [3]. — Contre quelques commentateurs qui blâment les anciens inventeurs, de qui naquirent les grammaires et les sciences, et se font cavaliers contre les inventeurs morts; et pourquoi ils n'ont pas trouvé à se faire inventeurs à cause de leur paresse, et comment ils ne s'occupent de tant de livres que pour continuellement reprendre leurs maîtres par de faux arguments. »

Nous avons cité plus haut la réfutation, par Léonard, de

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* libri III quæstio XIII et ultima.

2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 27, recto.

3. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 27, verso.

l'explication qu'Albertutius avait donnée de la tache lunaire; cette réfutation n'est point, comme celle qu'on vient de lire, empreinte d'une vivacité qui va jusqu'à la brutalité; mais, pour garder une forme impersonnelle, elle n'en est pas moins nette. C'est qu'à l'explication donnée par Albertutius, Léonard se proposait d'en substituer une autre qui avait ses préférences.

Cette explication, quelques fragments nous permettent de deviner en quoi elle consistait; selon Léonard, la Lune était presque entièrement recouverte d'eau et cet océan lunaire, reflétant vivement la lumière du Soleil, formait les parties brillantes de l'astre des nuits; les taches obscures étaient des terres fermes.

Voici un fragment[1] qui ne se trouve pas dans le cahier F, mais bien dans les feuillets que Libri avait arrachés au cahier B et qui, grâce aux efforts de M. Léopold Delisle, sont redevenus propriété de la Bibliothèque nationale; or, bien des raisons indiquent que ces feuillets sont postérieurs au cahier F :

« *Prouve comment plus tu seras près de la cause des rayons du Soleil, plus le Soleil te paraîtragrand réfléchi sur la mer.* — Si le Soleil agit par son éclat avec son centre fortifié de la puissance de tout son corps, il est nécessaire que plus ses rayons s'éloignent, plus ils aillent s'ouvrant. S'il en est ainsi, toi qui es avec l'œil près de l'eau qui réfléchit le Soleil, tu vois une très petite partie des rayons du soleil porter sur la surface de l'eau la forme de ce Soleil réfléchi; et si tu es près du Soleil, comme ce serait quand le Soleil est au midi et que la mer est au couchant, tu verras le Soleil se réfléchir de très grande forme sur ladite mer, parce que étant plus près du Soleil, ton œil, prenant les rayons près du point, en prend plus, ce dont il résulte plus l'éclat. Pour cette cause, on pourrait prouver que la Lune est un autre monde, semblable au nôtre, que la partie qui en a de l'éclat est une mer qui réfléchit le Soleil et que celle qui n'a pas d'éclat est une terre. »

Si les eaux lunaires formaient une sphère parfaitement lisse, cette sphère se comporterait comme un miroir convexe;

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. 2038 (italien) de la Bibliothèque nationale, fol. 16, verso.

l'image du Soleil y formerait une très petite tache brillante et le reste de la surface demeurerait sans éclat; on ne pourrait comprendre ainsi comment la Lune tout entière nous paraît éclairée.

« *De la Lune*[1]. *Si elle est polie et sphérique, le simulacre du Soleil y est puissamment lumineux, et sur une petite partie de sa surface.* — Tu en verras la preuve en prenant une boule d'or bruni placée dans les ténèbres avec une lumière placée loin d'elle; bien qu'elle illumine environ la moitié de la boule, l'œil ne voit qu'une petite partie de sa surface et tout le reste de cette surface réfléchit les ténèbres qui l'entourent; pour cela, il n'y paraît que le simulacre de la lumière, et tout le reste demeure invisible, l'œil étant éloigné de la boule. Cela même arriverait à la surface de la Lune, si elle était polie, luisante et dense, comme sont les corps qui réfléchissent. »

On comprend, au contraire, que la Lune nous paraisse entièrement éclairée si l'on admet que les océans lunaires sont agités comme les nôtres et que des vagues nombreuses en rident la surface; ces mers houleuses diffusent en tout sens la lumière solaire :

« Des rayons solaires réfléchis[2] sur la surface de l'eau ondulée font paraître le simulacre du soleil être constamment dans toute l'eau qui est entre l'Univers et le Soleil. »

Léonard revient à plusieurs reprises[3] à cette réflexion du Soleil dans une eau houleuse. Il cherche à expliquer, par les lois de cette réflexion, les particularités que présente l'éclairement de la Lune.

Voici un fragment[4] qui a immédiatement trait à cette théorie :

« Les extrémités de la Lune sont plus illuminées et se montreront plus lumineuses parce qu'il n'y apparaît que les

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 93, recto.
2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 38, verso.
3. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 39, recto, fol. 61, verso, fol. 62, verso, fol. 63, verso et recto.
4. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 77, verso.

sommets des ondes de ses eaux; et les profondeurs ombreuses des vallées de telles ondes ne changent pas les espèces de ces parties lumineuses qui viennent des extrémités des ondes à l'œil. »

Nous savons que cette explication de la clarté lunaire n'est point celle qu'admet Albert de Saxe; selon lui[1], la Lune est un solide translucide analogue à l'albâtre. Mais de ce que Léonard adopte une opinion qui n'est point celle d'Albertutius, il n'en résulte pas que sa propre opinion ne lui ait pas été suggérée par la lecture des *Questions* sur le *De cœlo*. Que cette lecture ait été le germe de sa théorie, on en sera convaincu si l'on compare les divers fragments que nous venons de citer, avec ce passage, composé par le Maître en Sorbonne :

« Il y a doute au sujet du procédé par lequel la Lune reçoit sa lumière du Soleil. Il y a, à cet égard, plusieurs opinions.

» Certains disent que la surface de la Lune est parfaitement lisse, sans nulle aspérité, en sorte qu'elle réfléchit bien vers nous la lumière du Soleil, tout comme les diverses couleurs sont réfléchies par un miroir bien bruni et bien poli; c'est par cette réflexion de la lumière solaire à sa surface que la Lune nous paraît lumineuse.

« Mais cette opinion n'est pas recevable; sans doute un corps lisse et bien poli réfléchit les rayons vers l'œil; mais cette réflexion ne provient point de toute partie du corps lisse. Le miroir en est un exemple patent. Lorsque ma figure se trouve devant un miroir, chaque partie du miroir me réfléchit une espèce ou un rayon venant de ma figure; mais n'importe quelle partie du miroir ne renvoie pas à mon œil n'importe quel rayon; telle partie me renvoie tel rayon et telle autre partie, tels autres rayons. En effet, pour qu'une partie du miroir me renvoie un certain rayon, il faut que ce rayon qui, venu de ma figure, tombe sur le miroir et le rayon qui parvient à mon œil forment, à la surface du miroir, des angles d'incidence et de réflexion égaux entre eux. Or, cela n'a point

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* in librum II quæstio XXII (Ed. 1492) vel XX (Ed. 1518).

lieu en toute partie du miroir... Si donc la Lune réfléchissait vers nous la lumière du Soleil de ladite manière, c'est-à-dire comme un miroir, sans doute la surface entière de la Lune pourrait bien nous offrir une faible clarté; mais nous ne percevrions de clarté intense qu'en une petite partie, telle que l'angle d'incidence soit égal à l'angle de réflexion vers notre œil.

» Mais peut-être fera-t-on une objection à ce raisonnement. Si la lumière du Soleil frappe un mur, ce mur nous semble éclairé en toute sa surface et non pas seulement au point qui correspond à un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence. Cette objection est sans valeur. Il n'en est point de ce mur comme du corps de la Lune. Grâce aux rugosités de la surface, une foule de parties du mur peuvent réfléchir des rayons à notre œil; dès lors, une large étendue de la muraille nous paraît éclairée. Mais si la paroi était parfaitement lisse comme un miroir ou comme le corps de la Lune, les rayons solaires, en frappant ce mur, ne l'éclaireraient point vivement en toute sa surface, mais seulement en un point où le rayon incident venant du Soleil et le rayon que l'on supposerait réfléchi vers l'œil donneraient des angles d'incidence et de réflexion égaux entre eux. Cela se voit fort bien en une eau tranquille. Seule, une petite partie de la surface de cette eau nous représente avec intensité la lumière du Soleil ou d'un autre astre. Mais si l'on agite quelque peu la surface de cette eau, elle cesse d'être parfaitement lisse, et la lumière du Soleil nous est renvoyée avec intensité par une région bien plus étendue de cette surface. »

Voilà, bien reconnaissable déjà, le germe qui donnera naissance à la théorie de Léonard.

Selon cette théorie, la Lune, avec ses continents et ses océans, est donc un corps semblable à notre Terre; ce que la Lune est pour la Terre, la Terre doit l'être pour la Lune. La pensée de Léonard de Vinci semble avoir été longuement préoccupée de ce parallélisme; de cette préoccupation, les notes consignées au cahier F nous apportent maint témoignage:

« Prouve[1] comment si tu étais dans la Lune ou dans une

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 93, recto.

étoile notre Terre te paraîtrait faire, avec le Soleil, l'office que fait la Lune. »

« La Lune[1] a des jours et des nuits comme la Terre; la nuit dans la partie qui ne luit pas et le jour dans celle qui luit. Ici, la nuit de la Lune voit la lumière de la Terre, c'est-à-dire de son eau. »

Pour la Terre, comme pour la Lune, ce sont les océans qui réfléchissent surtout la lumière du Soleil, tandis que les continents demeurent plus sombres; l'hémisphère que nous habitons doit donc éclairer fort peu la Lune; il l'éclairait davantage à l'époque où, selon la théorie géologique que Léonard emprunte à Albert de Saxe, cet hémisphère était couvert d'eau :

« Comment la Terre[2], faisant office de Lune, a perdu beaucoup de l'antique lumière dans notre hémisphère par l'abaissement des eaux, comme il est prouvé au livre quatre : *Du monde et des eaux.* »

La Lune n'éclaire pas seulement la Terre; en sa qualité de *dominatrice des humidités,* elle exerce son influence, en ce monde, sur toute chose froide et humide; c'est l'unanime croyance des contemporains de Léonard. La Terre doit exercer une influence semblable sur les humidités lunaires :

« Mon livre[3] a pour objet de montrer comment l'Océan, avec les autres mers, fait, moyennant le Soleil, resplendir notre monde en manière de Lune, et aux plus éloignés paraît une étoile, et je le prouve. »

« Lune froide et humide ».

« L'eau est froide et humide. Notre mer a sur la Lune une influence telle que celle de la Lune sur nous ».

La Terre n'est donc plus, dans l'Univers, un corps exceptionnel par sa nature, ses dimensions, son importance; elle est analogue à la Lune et aussi, Léonard vient de le dire, aux étoiles. Les étoiles n'ont point de lumière propre; toutes, grâce aux eaux qui les recouvrent, elles réfléchissent vers nous la lumière du Soleil.

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 64, verso.
2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 69, verso.
3. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 94, verso.

C'est encore la lecture d'Albert de Saxe qui a suggéré à Léonard son opinion sur la lumière stellaire. Non pas que le scolastique ait affirmé bien fortement cette opinion. Il remarque[1] que le livre des *Éléments*, apocryphe arabe que le Moyen-Age attribuait à Aristote, veut que toutes les étoiles tiennent, comme la Lune, leur lumière du Soleil; Avicenne, au contraire, et six raisons militent en sa faveur, veut qu'elles aient une lumière propre. « Bref », ajoute-t-il, « cette question : *Les astres autres que le Soleil el la Lune tiennent-ils leur lumière du Soleil* peut être regardée comme un problème neutre; les raisons que l'on donne en faveur d'un parti sont aisées à réfuter comme celles que l'on donne en faveur de l'autre. Donc, par amour d'Aristote, prince des philosophes, je réfuterai les six objections déjà faites contre l'opinion d'Aristote, en faveur de l'opinion d'Avicenne, et, avec Aristote, j'admettrai que toutes les étoiles, autres que le Soleil et la Lune, qu'elles soient planètes ou étoiles fixes, tirent leur lumière du Soleil. »

La réfutation donnée par Albert de Saxe est souvent insuffisante; Léonard s'emploie à la corroborer, et ses raisons sont tirées d'une saine Physique.

La première objection d'Avicenne était formulée en ces termes par Albertutius : « Selon qu'elles s'approchent ou s'éloignent du Soleil, les étoiles devraient prendre une figure en forme de croissant, comme la Lune; et cette apparence se marquerait surtout en Vénus et en Mercure qui sont au-dessous du Soleil. »

Voici la réponse d'Albert: « Vénus et Mercure sont d'une telle transparence que la lumière du Soleil s'incorpore à ces astres et en imbibe toutes les parties, ce qui n'a pas lieu pour la Lune. » Cette réponse laisse fort à désirer. Celle de Léonard[2] est autrement satisfaisante et conforme à la vérité :

« Pourquoi tout lumineux de figure longue à longue distance parait-il rond? Il n'est jamais parfaitement rond, mais il en advient ce qui a lieu pour le dé de plomb qui, battu et for-

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* in librum II quæstio XXII (Ed. 1492) vel XX (Ed. 1518).

2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 64, recto.

tement écrasé, se fait de forme circulaire. Ainsi cette lumière à longue distance acquiert tant de largeur en tout sens que, ce qui a été acquis étant égal, le premier fonds de lumière compte pour rien relativement à cet acquis, et pour cela l'acquis uniformément le fait paraître rond. Et ceci est bon pour prouver que les cornes de toute étoile ne sont pas sensibles à longue distance. »

C'est encore par la transparence de Vénus et de Mercure qu'Albert de Saxe résolvait cette objection : « Supposons que Vénus et Mercure, qui sont moins élevés que le Soleil, n'aient point de lumière propre, mais qu'ils tiennent leur lumière du Soleil; lorsque Vénus ou Mercure s'interposent entre notre œil et le Soleil, ils devraient éclipser cet astre, comme fait la Lune ; et c'est ce qu'on ne voit pas. »

Mieux instruit des effets de la lumière que ne l'est Albertutius, Léonard écrit [1] :

« *Si les étoiles ont la lumière du Soleil ou de soi.* — Ils disent qu'elles ont la lumière de soi, alléguant que si Vénus et Mercure n'avaient pas de lumière propre, quand ces étoiles s'interposent entre notre œil et le Soleil, elles obscurciraient autant de ce Soleil qu'elles en couvrent pour notre œil. Ceci est faux, parce qu'il est prouvé comment l'ombreux, placé dans le lumineux, est ceint et tout couvert par les rayons latéraux du reste de ce lumineux, et devient ainsi invisible. Ainsi démontre-t-on que quand le Soleil est vu par la ramification des plantes sans feuille à longue distance, les rameaux n'occupent aucune partie du Soleil pour nos yeux. La même chose a lieu pour les susdites planètes qui, bien qu'elles soient par elles-mêmes sans éclat, n'occupent, comme il est dit, aucune partie du Soleil pour notre œil. »

Léonard continue en ces termes :

« Ils disent que les étoiles dans la nuit paraissent avoir d'autant plus d'éclat qu'elles sont plus au-dessus de nous, et que si elles n'avaient pas de lumière propre, l'ombre que fait la Terre, qui s'interpose entre elles et le Soleil, viendrait à les obscurcir, ces étoiles ne voyant pas le corps solaire et n'en

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 57, recto.

étant pas vues. Mais ceux-ci n'ont pas considéré que l'ombre pyramidale de la Terre n'atteint pas beaucoup d'étoiles et que, pour celles qu'elle atteint, la pyramide est si diminuée qu'elle occupe peu du corps de l'étoile; le reste est illuminé par le Soleil. »

Ce passage était destiné à répondre à une objection d'Avicenne qu'Albert de Saxe formulait en ces termes : « Par interposition de la Terre entre le Soleil d'une part, et Mars, Jupiter ou Saturne d'autre part, il devrait y avoir éclipse ou extinction de Mars, de Jupiter ou de Saturne. » A quoi Albertutius avait déjà répondu que « l'ombre de la Terre ne s'étendait pas jusqu'aux astres situés au delà du Soleil. »

Quelle est la grandeur de ces étoiles, qui sont semblables de nature à la Terre et à la Lune et qui, comme elles, ne sont éclairées que par le Soleil?

Elles nous semblent extrêmement petites, parce qu'elles sont très éloignées de nous; mais il en est de beaucoup plus grosses que la Terre. Les plus grosses cependant sont d'une extrême petitesse par rapport aux dimensions de l'Univers.

« Tout son discours[1] a à conclure que la Terre est une étoile presque semblable à la Lune, et ainsi tu prouveras la noblesse de notre Monde; et ainsi tu feras un discours des grandeurs de beaucoup d'étoiles, selon les auteurs. »

» Si tu regardes[2] les étoiles sans rayons (comme on le fait en les voyant par un petit trou fait avec l'extrême pointe d'une fine aiguille, et placé jusqu'à toucher l'œil), tu verras ces étoiles être si minimes qu'aucune chose ne puisse paraître moindre, et vraiment la longue distance leur donne raisonnable diminution, bien qu'il y en ait beaucoup qui soient un très grand nombre de fois plus grandes que l'étoile formée par la Terre avec l'eau. Pense maintenant ce que paraîtrait notre étoile à une si grande distance, et puis considère combien on mettrait d'étoiles, et en longueur et en largeur, entre ces étoiles qui sont semées dans l'espace ténébreux. »

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 56, recto. — Cf. fol. 25, verso : Ordre pour prouver que la Terre est une étoile.

2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 5, recto.

Le globe terrestre est donc une des innombrables étoiles du ciel, un astre semblable à la Lune et aux planètes, et il est des étoiles beaucoup plus importantes; comment, dès lors, attribuer à la Terre un lieu spécial et privilégié dans l'Univers, comment supposer qu'elle réside au centre du Monde? C'en est fait de l'antique hypothèse géocentrique:

« Comment la Terre[1] n'est pas au milieu du cercle du Soleil, ni au milieu du Monde, mais bien au milieu de ses éléments, qui l'accompagnent et lui sont unis. Et pour qui serait sur la Lune, autant elle est au-dessus de nous avec le Soleil, autant paraîtrait notre Terre avec l'élément de l'eau, faisant le même office que fait la Lune pour nous. »

Si la Terre est déchue de ce rang exceptionnel où la mettait l'hypothèse géocentrique, quel astre doit prendre cette place délaissée? La réponse que Léonard eût faite à cette question ne saurait être douteuse pour nous; selon lui, l'astre central est assurément le Soleil; n'est-ce point la conclusion qui découle de cet *Éloge du Soleil*[2]?

« Les raisons de sa grandeur et de sa vertu, je les réserve au quatrième livre, mais je m'étonne bien que Socrate ait blâmé ce corps-là et qu'il ait dit qu'il était à la ressemblance d'une pierre ardente; et certes, qui le tira d'une telle erreur n'eut guère tort. Mais je voudrais avoir des mots qui me servissent à blâmer ceux qui trouvent plus louable d'adorer les hommes que ce Soleil, car je ne vois pas dans l'Univers un corps de plus grande grandeur et vertu que celui-là, dont la lumière illumine tous les corps célestes qui se trouvent dans l'Univers.

» Toutes les âmes descendent de lui, parce que la chaleur qui est dans les animaux vivants vient des âmes. Il n'y a aucune autre chaleur ni lumière dans l'Univers, comme je le montrerai dans le quatrième livre; et certes, ceux qui ont voulu adorer les hommes pour dieux, comme Jupiter, Saturne, Mars, et de semblables, ont fait une très grande erreur, puisqu'on voit que quand même l'homme serait aussi grand que notre monde, il paraîtrait semblable à une minime étoile, laquelle paraît

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 41, verso.
2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 4, recto.

un point dans l'Univers, et qu'on voit encore ces hommes mortels, putrescibles et corruptibles dans leurs sépultures. »

Pareils accents en l'honneur du Soleil, source de toute lumière, de toute chaleur et de toute vie, se retrouvent dans les écrits du plus ardent disciple de Copernic, de Képler.

En 1508, alors que Copernic commençait seulement ses méditations sur le système du Monde, qui devaient durer vingt-trois années (1507-1530), Léonard de Vinci était déjà parvenu à rejeter l'hypothèse géocentrique, à déclarer que la Terre n'est ni au centre du Monde, ni au centre du cercle du Soleil.

En 1508, également, il avait formulé les principes les plus nets touchant l'origine des fossiles; et ces principes ne devaient être énoncés de nouveau que par Bernard Palissy, dans des cours donnés à Paris en 1575.

Certes, Léonard a bien mérité d'être appelé[1] « le grand initiateur de la pensée moderne ».

Mais lorsque Léonard analysait si exactement les divers modes de formation des fossiles, il avait pour objet de prouver une thèse sur l'érosion et les mouvements du sol, thèse formulée par Albert de Saxe. Lorsqu'il chassait la Terre du centre du monde, il le faisait en vertu d'une théorie sur la tache qui paraît dans la Lune; et cette théorie avait été construite pour supplanter celle qu'Albert de Saxe avait donnée.

Ainsi, au moment même où il se faisait l'initiateur de la pensée moderne, Léonard de Vinci demandait sa propre initiation aux Commentaires sur Aristote qu'Albertutius avait exposés au XIVe siècle, en sa chaire de la Sorbonne.

Peut-on souhaiter preuve plus saisissante de la continuité selon laquelle se développe la Science? Peut-on, par un argument plus convaincant, réfuter l'erreur de ceux qui pensent expliquer la genèse de nos connaissances sur le Monde, alors qu'ils font abstraction de ce mouvement intellectuel, intense et prolongé, que fut la Scolastique?

1. Félix Ravaisson, *La Philosophie en France au XIXe siècle*, p. 5 (Recueil de Rapports sur les progrès des Lettres et des Sciences, 1868).

II

LÉONARD DE VINCI

ET

VILLALPAND

LÉONARD DE VINCI

ET

VILLALPAND

I

Comment se sont répandues les pensées de Léonard de Vinci.

Lorsqu'en 1797, Venturi eut annoncé que l'on retrouvait, dans les manuscrits de Léonard de Vinci, quelques-unes des lois essentielles de la Mécanique moderne, la surprise de plusieurs géomètres dut se mêler d'un regret. Sur certains points, le grand peintre avait devancé Galilée d'un siècle. S'il avait pu, de son vivant, publier le *Traité du mouvement* et le *Traité des poids* qu'il préparait; si, du moins, à défaut de cette publication, les fragments qu'il laissait avaient pu être connus aussitôt après sa mort, quelle impulsion aurait reçue la Mécanique! Galilée, Simon Stevin, Descartes, eussent, au début de leurs travaux, trouvé cette science plus avancée d'un stade sur le chemin du progrès; par un effort égal à celui qu'ils ont donné, ils eussent pu la mener plus loin qu'ils ne l'ont réellement conduite; tout le développement des sciences positives en eût été hâté. Ainsi l'oubli, à jamais déplorable, dans lequel sont demeurées, pendant des siècles, les pensées de Léonard de Vinci touchant les principes de la Mécanique a imposé à la marche de l'esprit humain un irrémédiable retard.

L'opinion que les pensées scientifiques, souvent si profondes, de Léonard sont demeurées absolument inconnues jusqu'au jour où Venturi les révéla; qu'elles n'ont pu, par conséquent, influer à aucun degré sur le développement de nos connaissances; que, dès lors, l'historien des Sciences, soucieux de la marche générale de l'esprit humain, n'a point à en tenir

compte; cette opinion, dis-je, est presque universellement admise.

Cette opinion est celle que M. Eugène Müntz exprime[1] en ces termes :

« La gloire de notre grand Léonard a ceci de particulier qu'elle ne saurait porter ombrage à n'importe quel savant de nos jours. Si l'étude de ses manuscrits permet de reculer de deux, parfois même de trois ou quatre siècles, la date de tant de découvertes capitales, les droits de ses successeurs n'en restent pas moins intacts. Je m'explique. Les manuscrits du Maître étant restés inédits jusqu'à ces dernières années, chacune des lois qu'il a établies ou devinées a dû être trouvée une seconde fois. Quelque flatteuses qu'aient été pour sa mémoire ces confirmations spontanées, dont la plupart se sont produites si longtemps après sa mort, l'antériorité de ses titres ne diminue en rien le mérite de ses successeurs; ils sont arrivés aux mêmes résultats par des voies différentes et n'ont pas à compter avec lui, du moment où il avait négligé de prendre date. »

A l'encontre de cette opinion, M. E. Wohlwill a émis[2], très incidemment, l'hypothèse que les découvertes de Léonard de Vinci avaient pu exercer quelque influence sur les recherches poursuivies en Mécanique par Cardan et par Tartaglia.

L'étude approfondie des écrits sur la Mécanique qui furent composés au XVIe siècle nous a conduit à énoncer une conclusion toute semblable; il nous a semblé[3], notamment, que la marque de Léonard de Vinci se retrouvait, très reconnaissable, en mainte proposition de Jérôme Cardan et de Jean-Baptiste Benedetti.

Nous nous proposons d'apporter aujourd'hui une preuve qui nous semble particulièrement nette de l'influence exercée par Léonard de Vinci sur les théories mécaniques de ses successeurs; notre objet est de montrer comment les théorèmes sur

1. Eugène Müntz, *Léonard de Vinci, l'artiste, le penseur, le savant*, p. 306, Paris, 1899.

2. E. Wohlwill, *Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes* (*Zeitschrift für Völkerpsychologie und Sprachwissenschaft*, Band XIV, p. 386, en note; 1883).

3. P. Duhem, *Les Origines de la Statique*. Chapitre III : *Jérôme Cardan* (*Revue des Questions scientifiques*, 3e série, t. IV, octobre 1903). — Chapitre X : *La réaction contre Jordanus : Guido Ubaldo et Benedetti* (*ibid.*, 3e série, t. VI, octobre 1904).

le centre de gravité, attribués par Mersenne à Villalpand, ont été, en réalité, empruntés par Villalpand à Léonard de Vinci.

Mais avant d'exposer les marques auxquelles se peut reconnaître cet emprunt, il nous semble bon d'examiner en peu de mots comment les théories de Léonard ont pu, en l'absence de tout livre publié par ce grand artiste, venir à la connaissance des savants du XVIe siècle.

Deux courants ont pu porter la tradition de Léonard à ceux qui venaient après lui; ces courants prenaient source l'un dans la diffusion des manuscrits du grand peintre, l'autre dans l'enseignement qu'il avait donné à son Académie de Milan.

Que les manuscrits de Léonard de Vinci aient été, au cours du XVIe siècle, en butte à un véritable pillage[1], c'est un fait malheureusement trop certain; on connaît la négligence avec laquelle s'acquittèrent de leur mission ceux qui avaient la garde de ce précieux dépôt : « Non seulement les ouvrages rédigés par le grand peintre ont péri, » dit Libri[2], « mais on a perdu aussi la plupart des livres où il écrivait ses notes. Après sa mort, tous ses manuscrits, ses dessins et ses instruments devinrent la propriété de François Melzi, son élève, à qui il les avait légués. Melzi, qui n'était qu'un amateur, plaça ce précieux héritage dans la maison de Vaprio, près de Milan; ses descendants n'en tinrent aucun compte, et un certain Lelio Gavardi, parent d'Alde Manuce le jeune, et précepteur dans cette famille, ayant remarqué qu'on laissait perdre cette belle collection, déroba treize de ces manuscrits et les porta en Toscane pour les vendre au Grand-duc François Ier; mais ce prince venait de mourir, et ils furent déposés à Pise, chez Alde, qui les montra à son ami Mazenta. Celui-ci désapprouva fortement la conduite de Gavardi, qui, honteux de sa mauvaise action, le chargea de rapporter à Milan et de restituer ces manuscrits aux Melzi. Horace, alors chef de cette famille, ignorant la valeur de ces treize volumes, en fit cadeau à Mazenta et lui dit qu'on avait oublié dans un coin de sa maison de Vaprio

1. Voir pour l'histoire de ces manuscrits, l'introduction mise par M. Charles Ravaisson-Mollien en tête du premier volume de sa belle publication : *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, Paris, 1881.

2. Libri, *Histoire des Sciences mathématiques en Italie*, t. III, p. 33, Paris, 1840.

beaucoup d'autres dessins et manuscrits de Léonard. Plusieurs amateurs obtinrent ensuite les dessins, les instruments, les préparations anatomiques, enfin tout ce qui restait du cabinet de Léonard. Pompée Leoni, sculpteur au service de Philippe II, fut des mieux partagés... » Les manuscrits qui lui furent donnés sont devenus, après maintes péripéties, le célèbre *Codice Atlantico* de la Bibliothèque Ambrosienne de Milan.

Ainsi, dans le trésor amassé par Léonard, chacun fouillait à sa guise et prenait ce qui lui plaisait. Les traités étaient retenus par ceux qui y prenaient intérêt ou circulaient de main en main jusqu'à ce qu'ils fussent égarés; parfois, un lecteur plus soigneux en prenait copie.

Nous savons par Luca Pacioli[1] que Léonard avait complètement achevé la rédaction de son *Traité de la peinture.* Vasari, dans ses *Vies des meilleurs peintres, sculpteurs et architectes,* raconte avoir vu ce traité autographe entre les mains d'un peintre milanais qui voulait le faire imprimer à Rome. Cette rédaction autographe est aujourd'hui perdue. Une grande partie des minutes au moyen desquelles Léonard en avait préparé la rédaction ont été publiées de nos jours par M. Richter. Les nombreuses éditions du *Traité de la peinture* données avant celles de M. Richter ont pour sources deux copies manuscrites. La première de ces copies, conservée aujourd'hui à Rome, à la Bibliothèque Barberini, est celle qui fut communiquée au XVIIe siècle, par le chevalier Del Pozzo, à Roland Fréart, sieur de Chambray; ce dernier en donna, en 1651, deux éditions, l'une en italien, l'autre en français, ornées de dessins de Poussin. La seconde, propriété de la Bibliothèque Vaticane, est beaucoup plus complète; elle fut publiée pour la première fois, en 1817, par Manzi.

L'histoire du *Traité de la peinture,* que nous venons de retracer très sommairement, nous montre de quelle manière les idées de Léonard ont pu se répandre au XVIe siècle. Certains traités ont pu, comme celui de la peinture, parvenir plus ou moins intégralement jusqu'à nous; tel l'ouvrage intitulé : *Del moto e della misura dell' acqua,* qui fut seulement imprimé en

1. Luca Pacioli, *Divina proportione*, fol. 1, Venetiis, 1509.

1828, à Bologne. D'autres, livrés de bonne heure à toutes les déprédations, ont été perdus.

Léonard, par exemple, avait achevé la rédaction d'un *Traité de perspective;* Cellini, dans l'ouvrage qu'il publia à Florence, en 1568, sur le même sujet, dit à plusieurs reprises qu'il s'était rendu acquéreur de ce traité, qu'il l'avait prêté à Sarlio, et que celui-ci en avait tiré ce qu'il y a de mieux dans son ouvrage.

Cardan, qui a fait tant d'emprunts à la Statique et à la Dynamique de Léonard, mentionne dans son *De Subtilitate* les recherches anatomiques du grand peintre. Biondo, dans l'*Éloge de la peinture,* paru en 1549, mentionne également le *Traité d'anatomie* du peintre de la Joconde.

Ces divers témoignages, en nous marquant à quelles déprédations les écrits de Léonard furent en butte, nous montrent avec quelle facilité ils purent être plagiés.

Il est probable que les idées de Léonard se répandirent aussi par un autre canal; nous voulons parler de la tradition créée par l'enseignement qu'il donnait à son Académie.

Nous ne savons presque rien de l'« Accademia Leonardi Vinci » que le grand peintre avait fondée à Milan; son existence même a pu être révoquée en doute par M. Uzielli, sans que ce doute, d'ailleurs, rencontrât créance. Et cependant, comme le dit fort justement M. Eug. Müntz[1], « il serait d'un intérêt capital de connaître l'organisation de l'Académie de Milan, ne fût-ce que pour savoir dans quelle mesure les découvertes de Léonard ont pu se répandre, et si plusieurs d'entre elles ne sont pas venues à la connaissance de ses successeurs immédiats par voie de tradition orale. » D'autant qu'en général, « on s'accorde à considérer les manuscrits de Léonard comme des fragments de l'enseignement qu'il donna devant l'Académie de Milan. »

Ces quelques considérations font comprendre comment une théorie de Mécanique, composée par Léonard, a pu être reproduite, sous un nom d'emprunt, vers la fin du XVIe siècle.

1. Eug. Müntz, *Léonard de Vinci, l'artiste, le penseur, le savant,* p. 230.

II

La théorie de l'équilibre des mers selon Aristote, Adraste et Théon de Smyrne.

Si nous voulons constater très exactement en quoi la théorie de Léonard de Vinci a été plagiée, il nous faut d'abord marquer avec une entière précision ce qui, en cette théorie, appartenait en propre au grand artiste; pour cela, il nous faut reconnaître à quelles sources il avait puisé.

Pour retrouver ces sources, il nous faut rétrograder très loin dans le passé, il nous faut remonter jusqu'à Aristote.

Un des plus remarquables chapitres du *De Cœlo* est assurément ce XIVe chapitre du deuxième livre, où le Stagirite entreprend de prouver la sphéricité de la Terre.

Parmi ses arguments, il y a des raisons *a posteriori* qui nous donnent la rotondité de la Terre comme un fait; telle la forme de l'ombre de la Terre dans les éclipses de Lune; telle encore cette observation que le voyageur, s'avançant du Nord au Sud, voit certaines constellations s'abaisser et disparaître, tandis que d'autres, qui lui étaient tout d'abord inconnues, se lèvent devant lui. Cette observation peut même servir à déterminer les dimensions du globe terrestre et Aristote en donne une évaluation qu'il tenait peut-être d'Eudoxe[1]; cette détermination, à coup sûr, est fort erronée; elle n'en est pas moins la plus ancienne qui soit parvenue à notre connaissance.

L'étude de la pesanteur fournit à Aristote un nouvel argument *a posteriori* en faveur de la sphéricité de la Terre; Aristote admet que tous les graves tendent au même point, le centre du Monde; or la trajectoire de la chute des corps pesants, la *verticale*, variable en direction d'un point à l'autre de la Terre, est toujours normale à sa surface; celle-ci a donc la forme sphérique.

La considération de la pesanteur fournit à Aristote un argu-

1. Cf. P. Tannery, *Recherches sur l'histoire de l'Astronomie ancienne* (*Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 4e série, t. I, p. 110; 1893).

ment d'un autre ordre, un argument *a priori*, ce que l'on appelait de son temps une *preuve physique*, ce que l'on appelle aujourd'hui une *preuve mécanique;* et cette preuve lui paraît si importante qu'il la place au premier rang.

« Il faut, » dit Aristote, « que la Terre ait la forme sphérique, car chacune de ses parcelles est douée d'une gravité par laquelle elle tend au centre du Monde ; la moins lourde de deux parcelles voisines, poussée par la plus lourde, ne peut se mouvoir tantôt en haut, tantôt en bas ; elle est de plus en plus comprimée et finit par céder à celle qui la presse jusqu'à ce que, de toutes parts, tout grave vienne vers le centre. »

Sous une forme bien sommaire et bien vague encore, ce passage contient le germe d'une grande vérité qui ira se développant à travers les siècles : c'est à la pesanteur que la Terre doit sa figure.

De la pesanteur de la terre ferme, on ne saurait conclure qu'elle soit sphérique, mais seulement qu'elle tend à l'être ; grâce à leur solidité, ses diverses parties s'étayent les unes les autres et se gênent en leurs mouvements. Il n'en est pas de même de l'eau ; la fluidité de cet élément supprime tout obstacle au changement de figure ; une eau dont les diverses parties tendent au centre du Monde ne saurait être en équilibre que sa surface ne soit une sphère concentrique à l'Univers.

Aristote a fort bien reconnu cette vérité ; il a entrepris de démontrer géométriquement la sphéricité de la surface des eaux. Voici en quels termes, trop concis, le *De Cœlo* nous rapporte[1] sa démonstration :

« Que la surface de l'eau soit sphérique, cela est manifeste si l'on accepte cette hypothèse : la nature de l'eau est de s'écouler vers les lieux les plus bas, et ce lieu est le plus bas qui est le plus voisin du centre. En effet, du centre α menons deux lignes $\alpha\beta$ et $\alpha\gamma$; joignons $\beta\gamma$. Si nous abaissons la perpendiculaire $\alpha\delta$ du centre α sur la ligne $\beta\gamma$, cette ligne sera la plus courte que l'on puisse mener du centre α à la ligne $\beta\gamma$. Le point δ sera donc le plus bas de la ligne $\beta\gamma$, en sorte que l'eau coulera

1. Aristote, *De Cœlo et Mundo*, lib. II, cap. IV.

de tout côté vers ce point, jusqu'à ce que sa surface soit de toutes parts équidistante du centre... »

Dans sa brièveté extrême, le raisonnement d'Aristote est quelque peu obscur. Nous allons le retrouver sous une forme plus nette dans l'œuvre d'Adraste.

Élève immédiat du Stagirite, Adraste vécut, pense-t-on, de 360 à 317 avant J.-C. Ses écrits sont entièrement perdus. Mais de son enseignement touchant la rotondité de la Terre, nous trouvons une copie ou un résumé très étendu dans un ouvrage [1] de Théon de Smyrne; ce dernier vécut à une époque mal connue que l'on doit placer entre le règne de Tibère et celui d'Antonin-le-Pieux.

Pour prouver la sphéricité de la Terre, Adraste reprend, en les développant et les précisant, quelques-uns des arguments d'Aristote; il reprend d'abord les arguments *a posteriori :*

« La sphéricité de la Terre est démontrée par cette raison que, de chaque partie de la Terre, notre regard embrasse la moitié du Ciel, tandis que l'autre moitié, nous la jugeons cachée par la Terre, ne pouvant l'apercevoir... »

« Et d'abord la Terre est sphéroïdale de l'Orient à l'Occident; le lever et le coucher des mêmes astres le prouvent bien; ils ont lieu plus tôt pour les habitants des régions orientales, plus tard pour ceux des régions occidentales. Ce qui le montre encore, c'est une même éclipse de Lune; elle se produit dans un même espace de temps assez court; pour tous ceux qui peuvent la voir, elle paraîtra à des instants différents; plus on sera vers l'Orient, plus vite on la verra et plus tôt on en aura vu une plus grande partie... »

« Il est encore évident que la Terre est convexe du Nord au Midi; » en effet, les habitants des contrées septentrionales voient des étoiles que les méridionaux n'aperçoivent pas, et inversement.

A ces preuves, Adraste ajoute la raison mécanique donnée

1. ΘΕΩΝΟΣ ΣΜΥΡΝΑΙΟΥ ΠΛΑΤΩΝΙΚΟΥ τῶν κατὰ τὸ μαθηματικὸν χρησίμων εἰς τὴν Πλάτωνος ἀνάγνωσιν. Γ.-Théon de Smyrne, philosophe platonicien, *Exposition des connaissances mathématiques utiles pour la lecture de Platon,* traduite pour la première fois du grec en français par J. Dupuis; Paris, 1892. Troisième partie : Astronomie. De la forme sphérique de la Terre, p. 198.

par Aristote ; cette raison, il la précise et la développe en ces termes :

« D'ailleurs, tout corps pesant se portant naturellement vers le centre, si nous concevions que certaines parties de la Terre fussent plus éloignées du centre, il faudrait nécessairement, à cause de leur grandeur, que les petites parties qui les entourent fussent pressées, repoussées et éloignées du centre, jusqu'à ce que l'égalité de distance et de pression étant obtenue, tout soit constitué en équilibre et en repos, comme deux poutres qui se soutiennent mutuellement ou comme deux athlètes de même force qui se tiennent mutuellement embrassés. Si les différentes parties de la Terre sont également éloignées du centre, il faut que sa forme soit sphérique.

» En outre, puisque la chute des corps pesants se fait toujours et partout vers le centre, que tout converge vers le même point et qu'enfin chaque corps tombe verticalement, c'est-à-dire qu'il fait avec la surface de la Terre des angles égaux, on doit conclure que la surface de la Terre est sphérique. ».

Adraste, jusqu'ici, a paraphrasé, en les précisant quelque peu, les preuves de la sphéricité de la terre ferme données par son maître Aristote. « Mais, » ajoute-t-il, « la surface de la mer et des eaux tranquilles est aussi sphérique » et, s'inspirant encore du Stagirite, il entreprend de justifier cette affirmation.

« Souvent, » dit-il, « pendant une navigation, alors que du pont du navire on ne voit pas encore la terre ou un vaisseau qui s'avance, des matelots grimpés au haut d'un mât les aperçoivent, étant plus élevés et comme dominant la convexité de la mer qui faisait obstacle. »

Après avoir donné cette preuve, bien insuffisante mais demeurée classique, de la sphéricité de la mer, le philosophe péripatéticien poursuit en ces termes :

« On peut démontrer physiquement et mathématiquement que la surface de toute eau tranquille doit être de forme sphérique. L'eau tend, en effet, toujours à couler des parties les plus hautes vers les parties les plus creuses. Or, les parties hautes sont celles qui sont le plus éloignées du centre de la Terre, les parties creuses sont celles qui le sont le moins. »

Adraste suppose, pour un instant, qu'une partie de la mer soit limitée par une surface plane; il montre sans peine qu'il existerait sur cette surface $\alpha\beta\gamma$ un point β situé plus près du centre de la Terre $\varkappa$ que les autres points $\alpha, \gamma, \ldots$; ce point β est le pied de la perpendiculaire abaissée du point $\varkappa$ sur le plan $\alpha\gamma$ ce point β est, dès lors, plus bas que les points α, $\gamma, \ldots$; « l'eau s'écoulera donc des points α, $\gamma, \ldots$ vers le point β moins élevé, jusqu'à ce que ce dernier point, entouré de nouvelle eau, soit aussi éloigné du point $\varkappa$ que de α et γ. Pareillement, tous les points de la surface de l'eau devront se trouver à égale distance de $\varkappa$; donc l'eau offre la forme sphérique et la masse entière de l'eau et de la terre est sphérique. »

Ce premier essai mécanique pour déterminer la forme d'équilibre des mers suscita, dès l'Antiquité, d'autres tentatives analogues. Archimède s'efforça, à son tour, de prouver que, par le fait de la pesanteur, la surface des eaux tranquilles est une sphère dont le centre est aussi celui du Monde. La démonstration d'Archimède semble plus savante que celle d'Aristote et d'Adraste; cependant une critique un peu sévère ne tarde pas à reconnaître[1] qu'elle ne repose pas sur une exacte notion de la pression hydrostatique. Mais nous n'insisterons pas ici sur la démonstration d'Archimède, qui, jusqu'au XVIe siècle, ne paraît guère avoir attiré l'attention des physiciens.

Plus simple que le raisonnement du grand Syracusain, l'argumentation d'Aristote et d'Adraste a pu ravir l'adhésion de maint philosophe. Théon de Smyrne nous a conservé l'exposition d'Adraste, et Pline l'Ancien, sous une forme assez imprécise, paraphrase[2] ce même argument qu'il regarde comme une preuve de la subtilité géométrique des Grecs.

1. P. Duhem, *Archimède a-t-il connu le paradoxe hydrostatique?* (*Bibliotheca mathematica*, 3 Folge, Bd. I, p. 15; 1900).

2. C. Plinii Secundi *Historia naturalis*, liber II; de antipodibus, an sint, et aquæ rotunditate.

III

La sphéricité de la terre et des mers selon Albert de Saxe.

Les astronomes de l'École d'Alexandrie, comme Claude Ptolémée, ou du Moyen-Age occidental, comme Sacro-Bosco, ne paraissent point s'être attachés aux preuves mécaniques de la sphéricité de la Terre et des mers; au contraire, les philosophes qui ont commenté le *De Cœlo* d'Aristote y ont arrêté leur attention.

Simplicius développe longuement ce qu'Aristote avait dit de la figure de la Terre; il corrige, d'après les déterminations d'Eratosthène, les dimensions que le Stagirite avait attribuées à notre globe. Il expose, sous une forme claire et explicite, le raisonnement par lequel la figure sphérique des mers est prouvée au *De Cœlo*. A cette preuve, il en ajoute une autre[1], qui n'est point d'Aristote : « Une observation nous conduit à penser que la surface de l'eau est sphérique; lorsque des gouttes d'eau tombent sur une surface polie, comme une feuille de roseau ou une feuille d'arbre, elles se pelotonnent sur elles-mêmes et, lorsqu'elles ont pris la forme sphérique, elles demeurent en équilibre... Si l'on remplit d'eau un calice et si l'on introduit doucement dans cette eau des pièces de monnaie ou d'autres masses, on voit la surface du liquide prendre la forme sphérique et l'eau ne s'écoule qu'après qu'elle a surpassé la surface de la sphère. »

Nous savons aujourd'hui combien fautives sont ces comparaisons qui confondent les phénomènes dus à la seule action de la pesanteur avec les effets de capillarité; la distinction n'était point faite au Moyen-Age, et plus d'un physicien se pouvait prendre à ces analogies; Pline les avait invoquées avant Simplicius, et Sacro-Bosco les admit après lui.

Au sujet de la figure de la Terre comme au sujet de l'équilibre des mers, saint Thomas d'Aquin se borne à exposer très

1. Simplicii *Commentarius in* IV *libros Aristotelis de Caelo* recensione Sim. Karsteni, Trajecti ad Rhenum, MDCCCLXV, p. 186.

fidèlement et très clairement la pensée d'Aristote. Il nous faut arriver jusqu'au XIVe siècle et à l'enseignement d'Albert de Saxe pour trouver quelque addition essentielle à la doctrine péripatéticienne touchant les questions qui nous occupent.

Lorsque Albert de Saxe examine cette question[1] : *La Terre entière est-elle sphérique?* il a assurément sous les yeux le texte d'Aristote et le commentaire de Simplicius; mais il consulte aussi le texte de Théon de Smyrne ou bien un exposé que ce texte a inspiré; une foule d'indices permettent de le reconnaître.

Lisons, par exemple, dans les *Questions* du vieux maître scolastique, les preuves de la sphéricité de la Terre; nous y retrouverons les arguments d'Adraste, rangés *dans l'ordre même* où Théon de Smyrne nous les a présentés :

« *Première conclusion.* La Terre n'est pas rigoureusement sphérique; cela est évident, car elle présente un grand nombre de montagnes et de vallées.

» *Seconde conclusion.* La Terre est ronde de l'Orient à l'Occident. On le prouve; en effet, s'il n'en était pas ainsi, les mêmes étoiles se lèveraient et se coucheraient aussi tôt pour les hommes qui habitent vers l'Occident que pour ceux qui habitent vers l'Orient... Or, cette conséquence est fausse; le jour et la nuit commencent plus tôt pour ceux qui habitent à l'Orient que pour ceux qui habitent à l'Occident; cela résulte évidemment de ce fait, souvent constaté, qu'une même éclipse de Lune, aperçue par les orientaux à la troisième heure de la nuit, est vue par les occidentaux à la première ou à la seconde heure, selon qu'ils habitent plus ou moins à l'Ouest des premiers; et cela n'aurait point lieu si la nuit ne commençait pas de meilleure heure pour les orientaux.

» *Troisième conclusion.* De même, la Terre est ronde du Nord au Midi. On le prouve; car si un voyageur s'avance suffisamment du Nord vers le Sud, il voit le pôle s'élever sensiblement; cela ne peut provenir que du renflement présenté par la Terre entre le Nord et le Sud.

» En second lieu, un voyageur pourrait s'avancer du Nord

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo;* in librum II quæstio XXVII (Ed. 1492) vel XXV (Ed. 1518).

vers le Sud assez pour voir certaines étoiles qui, auparavant, ne lui apparaissaient point; en même temps, certaines constellations se cachent à ses yeux qui, auparavant, se montraient à lui. Cela ne peut être qu'un effet du renflement de la Terre entre le Nord et le Sud.

» *Quatrième conclusion.* La Terre est ronde à ce point que, par rapport à la Terre entière, les élévations des montagnes sont petites et comme négligeables. On le prouve, en premier lieu, parce que lorsque les graves tombent sur un sol qui n'est point celui d'une montagne ni d'une vallée, ils tombent à angles égaux [normalement]. Cela n'aurait point lieu si les graves ne tendaient point au même centre; et comme toutes les parties de la Terre sont graves, il en résulte qu'elles tendent toutes au même centre. Cela ne serait point si la Terre n'était pas ronde ou ne tendait pas naturellement à la rondeur.

» En second lieu, les parties de la Terre tendent toutes également vers le centre du Monde; elles descendent aux lieux les plus bas, à moins qu'elles ne se soutiennent l'une l'autre, comme on le voit des montagnes; néanmoins, au cours des temps, toute chose descendra et se précipitera vers le centre du Monde; il semble que ce soit là la cause de la rotondité de la Terre.

» De là, on peut connaître que si la Terre était fluide comme l'eau, de telle sorte que ses diverses parties ne se soutinssent point l'une l'autre, elle coulerait vers une rotondité uniforme et une sphéricité parfaite. »

Jusqu'ici, Albert de Saxe n'a guère fait que mettre en forme scolastique les arguments qu'Adraste avait donnés en faveur de la sphéricité de la Terre. Il y joint l'argument tiré de la forme de l'ombre de la Terre dans les éclipses de Lune, argument qu'Aristote avait produit, mais qu'Adraste avait négligé. Puis il ajoute ce passage :

« Au sujet de cette conclusion, il faut savoir que l'on peut déterminer par l'expérience si la Terre est ronde, du moins du Sud au Nord. Qu'un observateur, partant d'un certain lieu, se déplace vers le Nord jusqu'à ce que le pôle lui semble plus élevé d'un degré qu'auparavant, et qu'il mesure le chemin parcouru.

Cela fait, qu'il revienne à son point de départ et que, partant de ce lieu, il se dirige vers le Midi, jusqu'à ce que le pôle lui paraisse moins élevé d'un degré qu'il n'était au lieu marqué comme point de départ; qu'il mesure de nouveau le chemin parcouru. Si ces deux chemins se trouvent être égaux, c'est un signe certain que la Terre est circulaire du Nord au Sud; si, au contraire, il se trouvait qu'ils ne fussent point égaux, ce serait un signe que la Terre n'est point ronde du Nord au Sud. »

Les Anciens avaient trouvé dans la mesure de l'arc d'un degré le moyen de déterminer la grandeur de la Terre *supposée sphérique;* nous avons vu que cette méthode était déjà connue d'Aristote, qui la tenait peut-être d'Eudoxe; mais que la mesure d'un degré du méridien, répétée sous diverses latitudes, pût servir à déterminer la forme réelle du globe, c'est une idée qui ne paraît point s'être présentée à l'esprit des astronomes de l'Antiquité[1]. Le passage d'Albert de Saxe que nous venons de citer montre que la Scolastique du XIVe siècle l'avait nettement formulée. Il appartenait à la science du XVIIe siècle d'en aborder la réalisation.

Albert de Saxe ne s'est pas contenté d'exposer, au sujet de la sphéricité terrestre, les divers arguments d'Aristote et d'Adraste, perfectionnés en un point important; il y a joint une série de corollaires curieux, d'allure paradoxale, destinés sans doute à frapper l'esprit de ses disciples. Pour l'objet que nous nous proposons, ces corollaires sont d'une importance particulière; citons-les donc *in extenso*.

« 1° De ce que la Terre est ronde, il résulte que les lignes normales à la surface de la Terre, lorsqu'on les prolonge vers le centre, vont sans cesse en se rapprochant les unes des autres et concourent au centre.

» 2° Il en résulte que si l'on construisait deux tours verticales, plus elles s'élèveraient et plus elles s'écarteraient l'une de l'autre; et plus elles seraient basses, plus elles seraient proches.

» 3° Si l'on creusait un puits au fil à plomb, ce puits serait plus large au voisinage de l'orifice qu'au fond.

1. Cf. Paul Tannery, *Recherches sur l'histoire de l'Astronomie ancienne* (*Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 4e série, t. I, p. 104; 1893).

» 4° Toute ligne dont tous les points sont à égale distance du centre est une ligne courbe; car si elle était droite, certains de ses points seraient plus près du centre et d'autres plus éloignés; ses divers points ne seraient pas équidistants du centre; ils ne seraient pas aussi bas les uns que les autres. Si une ligne droite touche la surface terrestre en son point milieu, son point milieu est plus voisin du centre de la Terre que ses extrémités. Il en résulte que si un homme marchait suivant cette ligne droite, il descendrait une partie du temps et monterait ensuite; il descendrait, en effet, tant qu'il se dirigerait vers le point qui est le plus voisin du centre de la Terre; il monterait à partir du moment où il s'éloignerait de ce point; il est clair, en effet, que durant la première partie du temps, il s'approcherait sans cesse du centre de la Terre, et qu'il s'en éloignerait durant la seconde partie; or, s'approcher du centre de la Terre, c'est descendre et s'en éloigner, c'est monter.

» On peut conclure de là qu'un mobile qui, entre deux termes donnés, décrit un trajet qui sans cesse monte ou descend peut fort bien faire moins de chemin que s'il allait de l'un de ces termes à l'autre sans monter ni descendre. Cela se voit clairement en supposant que le premier trajet soit un diamètre de la Terre, tandis que le second serait la demi-circonférence qui a ce diamètre pour corde.

» 5° Lorsqu'un homme se promène à la surface de la Terre, sa tête se meut plus vite que ses pieds; car la tête, qui est en l'air, décrit une plus grande circonférence que les pieds qui touchent le sol. On pourrait concevoir un homme si grand que sa tête se mouvrait en l'air deux fois plus vite que ses pieds sur le sol. »

Ces corollaires de la sphéricité terrestre, bien capables de frapper l'imagination des « escholiers de Sorbonne » qui se pressaient au pied de la chaire de maître Albert de Saxe, devaient conduire Léonard de Vinci à découvrir un important théorème de Mécanique.

IV

La sphéricité de la terre et des mers dans les écrits de Léonard de Vinci.

Il n'est pas impossible que Léonard de Vinci ait connu le livre de Théon de Smyrne; il est probable qu'il a lu l'*Histoire naturelle* de Pline[1]; mais à coup sûr[2], il a profondément médité les *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo* d'Albert de Saxe.

Parmi les questions examinées par Albert de Saxe, il en est peu qui aient, autant que la théorie de la figure de la Terre et des mers, sollicité l'attention de Léonard; cela se conçoit aisément; le grand artiste était, en même temps, le plus savant ingénieur hydraulicien de son époque; rien de ce qui touche à l'équilibre et au mouvement des eaux naturelles ne pouvait le laisser indifférent.

Dans ce cahier F où sont consignées au jour le jour les réflexions que lui a suggérées la lecture d'Albert de Saxe, il consacre tout un feuillet[3] à répéter, sous des formes variées, l'argument d'Aristote et d'Adraste en faveur de la figure sphérique des mers :

« *Preuve que la sphère de l'eau est parfaitement ronde.* L'eau ne se meut pas d'elle-même si elle ne descend pas, et se mouvant d'elle-même, il suit qu'elle descend. »

« *Aucune partie de la sphère de l'eau ne peut se mouvoir par elle-même car elle est entourée d'eau d'égale hauteur qui l'enferme, et elle ne la peut surpasser par aucun côté.* On en montre la preuve ici en marge. » Léonard dessine, en effet, une circonférence de cercle sur laquelle il marque un point *c* entre deux autres points *a* et *b*; puis il ajoute : « Soit *c* une quantité d'eau

1. Le *Codice atlantico* renferme une liste des livres que possédait Léonard; on y voit figurer un Pline (Cf. E. Müntz, *Léonard de Vinci, l'artiste, le penseur, le savant*, p. 282.)

2. Voir notre précédente étude: *Albert de Saxe et Léonard de Vinci (Bulletin Italien*, t. V, p. 1 et p. 113).

3. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 82, verso.

entourée et enfermée par l'eau *ab*; je dis par les conclusions passées que l'eau *c* ne se mouvra pas, parce qu'elle ne trouve pas de descente, selon la définition du cercle; puisque *a* et *b* sont éloignés du centre du Monde comme *c*, il suit que *c* reste immobile. »

Les passages que nous venons de citer rappellent surtout les considérations de Pline l'Ancien; ceux qui suivent ont une plus grande analogie avec l'exposition d'Adraste, rapportée par Théon de Smyrne:

« Donné un plan d'eau, à la surface de la sphère de l'eau, les extrémités de ce plan s'en iront en son milieu. »

« Le grave sphérique, placé sur la sphère de l'eau là où elle est glacée, ne changera pas de place. »

« Le grave sphérique, placé à l'extrémité du plan parfait, ne s'arrêtera pas, mais s'en ira tout de suite au milieu du plan. »

Les pensées esquissées en ce feuillet sont fréquemment reprises par Léonard. La première forme donnée à la preuve de la sphéricité des mers, celle qui paraît refléter le raisonnement de Pline, se retrouve, plus développée dans le fragment suivant[1]:

« Tout élément flexible et liquide a, par nécessité, sa surface sphérique. On le prouve avec la sphère de l'eau, mais d'abord il faut poser quelques conceptions et conclusions. »

« Cette chose est plus haute, qui est plus éloignée du centre du Monde, et celle-là est plus basse qui est plus voisine de ce centre. L'eau ne se meut pas de soi si elle ne descend pas, et se mouvant, elle descend. Que ces quatre conceptions, placées deux à deux, me servent à prouver que l'eau qui ne se meut pas de soi a sa surface équidistante du centre du Monde (en ne parlant pas des gouttes ou autres petites quantités qui s'attirent l'une l'autre comme l'acier sa limaille, mais des grandes quantités).

» Je dis qu'aucune partie de la surface de l'eau ne se meut de soi-même, si elle ne descend pas; donc la sphère de l'eau n'ayant en aucune partie de surface à pouvoir descendre, il est nécessaire par la première conception qu'elle ne se meuve

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 27, recto, et fol. 26, verso.

pas d'elle-même. Et si tu considères bien toute minime particule de cette surface, tu la trouveras entourée d'autres particules semblables, qui sont à égales distances entre elles du centre du Monde, et à cette même distance est cette particule qu'entourent les autres; donc, par la troisième conception la particule de l'eau ne se mouvra pas d'elle-même parce qu'elle est entourée de bords d'égales hauteurs. Ainsi chaque cercle de telles particules se fait vase pour la particule que contient ce cercle, vase qui a le circuit de ses bords de hauteur égale; ainsi est cette particule par rapport aux autres particules semblables qui composent la surface de la sphère de l'eau. Nécessairement, elle sera par elle-même sans mouvement; et, par conséquent, chacune étant à égale hauteur du centre du Monde, nécessité fait que cette surface est sphérique... »

« Ce qui est dit de la surface de l'eau qui confine avec l'air s'entend être dit de la surface de l'air qui confine avec le feu... »

« La vérité de ces sphères ayant donc prouvé que les éléments fluides sont sphériques, mon intention est de descendre à la nature dans son universalité et dans les particularités de chacun de ses éléments, d'abord le feu, puis l'air, puis l'eau. »

Ce n'est plus l'influence de Pline, mais celle d'Adraste et de Théon, perçue au travers des *Questions* d'Albert de Saxe, que nous reconnaissons en ce passage[1] :

« Si la terre était sphérique, aucune partie n'en serait découverte par la sphère de l'eau. »

« Il ne se trouvera pas de terre plane sur laquelle l'eau ne soit pas de figure convexe, et réunie au milieu de cette surface plane; et cette eau n'aura jamais de mouvement vers les extrémités de cette plaine. »

Une figure représente un plan qui coupe une partie de la sphère terrestre; sur ce plan, une masse d'eau est posée, que termine une calote sphérique concentrique à la Terre. Au-dessous de cette figure, Léonard écrit: « Ce qui paraît ici plan est mont escarpé. » Puis il continue en ces termes:

« Il est impossible de trouver aucune partie plane sur la surface de n'importe quelle grande étendue d'eau. »

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 52, verso.

« Perpétuels sont les bas lieux du fond de la mer, et les cimes des monts sont le contraire; il suit que la terre se fera sphérique et toute couverte des eaux, et sera inhabitable. »

Cette dernière phrase est textuellement traduite d'Albert de Saxe.

De la pensée d'Albert de Saxe, d'autres traces bien nettes se reconnaissent dans les passages que nous venons de citer. Parmi ces vestiges, il en est qui méritent d'être signalés.

En démontrant selon les principes d'Aristote et d'Adraste que l'eau, prise en grandes masses, doit être terminée par une surface sphérique, Léonard a eu soin de marquer que cette argumentation ne rendrait pas compte de la forme des masses d'eau très petites, des gouttes de rosée, par exemple; ce n'est pas la pesanteur qui explique la figure de ces gouttes, mais une attraction mutuelle de leurs diverses particules, semblable à l'attraction que l'aimant exerce sur le fer ou « l'acier sur sa limaille ».

En posant cette distinction, Léonard marquait la frontière où confinent deux branches de la Physique théorique : L'Hydrostatique des liquides soumis à la seule action de la pesanteur et la théorie de la capillarité; ce n'est pas une de ses moins profondes et moins prophétiques divinations.

Cette distinction n'avait pas toujours été aperçue d'une manière aussi claire; bon nombre de physiciens avaient établi un intime rapprochement entre la figure des gouttes de rosée et la figure d'équilibre des mers; pour Pline, pour Simplicius et pour Sacro-Bosco, la rotondité des gouttes de rosée prouvait la sphéricité de l'Océan.

Pour Léonard, au contraire, la goutte de rosée est bonne seulement à fournir une image, une comparaison qui rendent sensibles aux yeux les considérations dont la sphère des eaux peut être l'objet.

« Dans la goutte de rosée bien ronde[1], on peut considérer beaucoup de cas différents de l'office de la sphère de l'eau; comment elle contient en soi le corps de la terre sans destruction de la sphéricité de sa surface. Que d'abord on prenne un

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 62, verso.

cube de plomb de la grandeur d'un grain de panic, puis qu'avec un fil très fin à lui joint, on le submerge dans cette goutte; on verra que cette goutte ne perd pas sa première rondeur, bien qu'elle soit agrandie d'autant qu'est le cube enfermé dans cette rosée. »

En distinguant nettement les phénomènes capillaires des effets explicables par la pesanteur, tels que la forme sphérique des mers, Léonard émettait une idée que la science moderne a amplement développée; mais à la formation de cette idée, Albert de Saxe avait pris une part notable. Dans la dernière des *Questions* [1] relatives au *De Cœlo,* Albertutius avait rangé au nombre des objections à réfuter cette proposition : « En un corps homogène, le tout doit avoir la même figure que les parties; sinon, ce ne serait point un homogène; mais les particules de l'eau semblent tendre vers la sphéricité, comme le montrent les gouttes de rosée ou de pluie; la masse totale de l'eau doit donc, elle aussi, être sphérique. » Cette proposition, nous l'avons dit, était admise par Simplicius et par Sacro-Bosco.

Albertutius, à l'image d'Albert le Grand, y répond en ces termes : « Au sujet de la figure sphérique des gouttes d'eau, je dis que ce n'est point une conséquence de la forme substantielle de l'eau; elle résulte plutôt de la fuite des contraires, car cette figure sphérique est celle où les diverses parties se trouvent le plus étroitement unies, où elles peuvent le mieux résister à une cause de corruption; aussi n'importe quelle masse tend-elle à prendre cette figure pourvu qu'elle n'en soit pas empêchée par quelque autre cause, comme la dureté ou la pesanteur. Cette tendance se remarque surtout lorsque le corps est en petite quantité; elle ne convient pas seulement à l'eau, mais à tous les liquides, comme on le voit avec le vif argent. »

1. Alberti de Saxonia, *Quaestiones in libros de Cœlo et Mundo;* libri III, quaestio ultima.

V

Le centre de gravité et l'équilibre dans les écrits de Léonard de Vinci.

Albert de Saxe n'avait pas seulement reproduit les arguments d'Aristote et d'Adraste en faveur de la sphéricité de la Terre; il y avait joint certains corollaires, de forme paradoxale, tirés de cette proposition; ces corollaires, eux aussi, avaient attiré l'attention de Léonard de Vinci; les réflexions qu'ils lui avaient suggérées remplissent tout un feuillet [1] de ses notes.

« L'homme qui chemine, » dit Léonard, répétant ce qu'avait écrit Albert de Saxe, « va plus vite avec la tête qu'avec les pieds. »

« L'homme qui, cheminant, traverse tout un endroit plat, va penché, d'abord en avant, puis autant en arrière. »

Albert de Saxe avait remarqué que si l'on construisait deux tours au fil à plomb, les couronnements s'écarteraient d'autant plus que les deux tours seraient plus hautes. Léonard retourne, en quelque sorte cette remarque; il mène, en un certain lieu de la Terre, la verticale de ce lieu; puis, de part et d'autre de ce lieu, à une certaine distance, il imagine qu'on élève deux tours parallèles à cette verticale et, par conséquent, parallèles entre elles. Il montre que ces deux tours devront forcément s'écrouler si elles sont assez hautes. Le passage a une importance capitale; reproduisons-le textuellement :

« *Si l'on fait deux tours en continuelle droiture, et que les espaces compris entre elles soient parallèles, il est sans doute que les deux tours s'écrouleront l'une contre l'autre, si la construction continue toujours avec une égale hauteur pour chacune des deux tours.* »

« Soient [fig. 1] les deux verticales des deux points B et C, se continuant en continuelle droiture. Si elles coupent une de

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 83, recto.

ces tours en C G et l'autre en B F, il suit que ces lignes ne passent pas par le centre de gravité de leur longueur; donc K L G C, partie de l'une, pèse plus que son reste C G D, et de choses inégales, l'une l'emporte sur l'autre; de sorte que, par nécessité, le plus grand poids de la tour entraînera toute la tour opposée; et l'autre tour fera de même, à l'inverse de la première. »

Au-dessous du croquis que nous avons reproduit, Léonard trace un autre croquis, fort analogue, où les deux tours cylindriques sont remplacées par deux pyramides très élevées, et il écrit : « Les axes des deux pyramides étant parallèles, si elles sont de grande hauteur, elles tomberont l'une contre l'autre ».

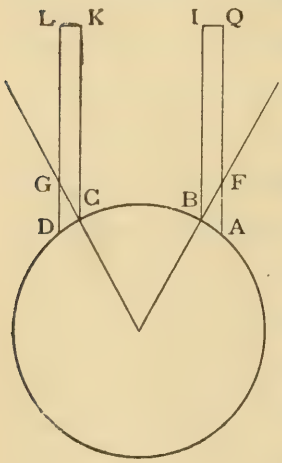


Fig. 1.

En cherchant à présenter sous une forme un peu différente une conclusion d'Albert de Saxe, Léonard a fait usage de ce théorème que nul ne paraît avoir énoncé avant lui : Pour qu'un corps pesant, reposant sur le sol, demeure en équilibre, il faut et il suffit que le centre de gravité de ce corps ne se projette pas en dehors de sa base.

Ce théorème a une grande importance; les applications en sont innombrables; dans le fragment que nous avons cité, Léonard en a fait seulement un usage bien spécial; a-t-il entrevu toute la généralité de la proposition qu'il a découverte en ce cas très particulier? On n'en saurait douter.

Léonard réclame sans cesse du peintre qu'il soit un esprit universel; il l'était lui-même au plus haut degré. Il était universel non pas à la façon de ces gens qui juxtaposent une foule de connaissances disparates entre lesquelles n'existe aucun lien; nul, au contraire, n'a senti plus vivement à quel point sont solidaires les unes des autres les diverses branches du savoir humain. Aussitôt qu'une vérité lui apparaissait en l'un des domaines où s'exerçait son activité intellectuelle, il apercevait le reflet de cette vérité en chacun des autres domaines qu'explorait son esprit. En même temps qu'il tire des *Ques-*

tions d'Albert de Saxe des pensées propres au *Traité de l'eau* qu'il a l'intention d'écrire, il jette sur les feuillets de son cahier de notes[1] le brouillon de certains chapitres du *Traité de la peinture ;* ou bien encore il revient à l'étude du vol des oiseaux[2], sujet constant de ses méditations. Aussi, dès là que la démonstration de la sphéricité des mers l'a amené à concevoir une propriété du centre de gravité, il en tire aussitôt des règles utiles au peintre qui veut donner à ses personnages une pose raisonnée; ou bien encore il en déduit l'explication des diverses allures des oiseaux.

Nous avons déjà vu Léonard, commentant les corollaires d'Albert de Saxe, soucieux des applications que l'on en pouvait faire à la station de l'homme : « L'homme qui, cheminant, traverse tout un endroit plat, va penché, d'abord en avant, puis autant en arrière. » Mais si l'on veut connaître toute la portée de ce théorème : un grave reposant sur le sol ne peut être en équilibre lorsque son centre de gravité se projette en dehors de sa base; si l'on désire savoir comment il explique les diverses postures de l'homme et des animaux, il faut abandonner le cahier F, que nous avons presque exclusivement étudié jusqu'ici, et feuilleter le cahier que Venturi a marqué de la lettre A.

Le cahier A est postérieur au cahier F. Dans un prochain article, nous aurons occasion d'examiner les essais de Léonard de Vinci pour expliquer l'origine des sources; nous le verrons, au cahier F, proposer une théorie, puis, au cahier A, reconnaître que cette théorie est erronée et doit être rejetée.

Il n'est guère de question traitée au cahier F à laquelle Léonard ne revienne dans les notes qui composent le cahier A. En particulier, la théorie de la figure de la Terre et de la convergence des verticales, sur laquelle les *Quæstiones* d'Albert de Saxe ont appelé l'attention du grand peintre, sont l'objet de maintes réflexions dans le nouveau manuscrit.

1. Comparez, par exemple, le ms. F, fol. 1, verso, et le chapitre XXIV du *Traité de la peinture* (édition de 1651).
2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. F, fol. 53, verso.

En voici une[1] qui est presque la traduction littérale de l'une des conclusions d'Albertutius :

« Si tu fais une tour de 400 brasses et que tu la plombes avec des fils, elle te sera plus étroite du pied que de la tête, et formera un commencement de pyramide. »

Léonard pense, d'ailleurs, qu'il serait possible de mesurer cette différence d'écart entre deux verticales au sommet et à la base d'une tour et d'en déduire la longueur du rayon terrestre.

En même temps que l'esprit de Léonard est occupé de ces pensées sur la Géodésie, par lesquelles s'ébauche son *Traité de l'eau*, il ne cesse d'amasser des documents pour le *Traité de la peinture;* le cahier A contient un grand nombre de propositions de perspective qui se retrouveront dans ce Traité. Il n'est donc point étonnant que l'on y trouve maint fragment où les propriétés du centre de gravité servent à expliquer les postures et les allures des êtres animés.

De ce nombre est le fragment suivant[2] : « Toute chose qui se trouve sur un sol plan et parfait de telle sorte que son pôle [point d'appui] ne se trouve pas entre des parties d'égal poids, ne s'arrêtera jamais ; un exemple s'en voit dans ceux qui glissent sur la glace et qui ne s'arrêtent jamais, si les parties ne deviennent pas équidistantes à leur centre. »

De ce nombre encore sont ces remarques[3], dont la première répond à un problème examiné déjà par Aristote dans ses *Questions mécaniques :*

« Celui qui est assis ne peut pas se lever de son siège si la partie qui est en avant du pôle [point d'appui] ne pèse pas plus que celle qui est en arrière de ce pôle, sans se servir de ses bras. »

« Celui qui monte en un lieu quelconque doit donner une plus grande partie de son poids en avant de son pied le plus élevé qu'en arrière, c'est-à-dire en avant du pôle qu'en arrière du pôle; donc l'homme donnera toujours une plus grande partie de son poids du côté vers lequel il désire se mouvoir qu'en aucun autre lieu. »

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 20, verso.
2. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. A, fol. 21, verso.
3. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. A, fol. 28, verso.

« Celui qui court penche plus vers le lieu où il court et il donne plus de son poids en avant de son pôle qu'en arrière, de sorte que celui qui court en montant le fait sur les pointes des pieds, et celui qui court en plaine va d'abord sur les talons et puis sur la pointe des pieds. »

« Celui-ci ne portera pas son poids, s'il ne fait pas équilibre au poids de devant en se renversant en arrière, de façon que toujours le pied qui pose se trouve au milieu du poids. »

Et Léonard poursuit en ébauchant [1] un des chapitres qui figureront au *Traité de la peinture;* nous y voyons que lorsqu'une « figure pose sur un pied, ce pied se fait centre du poids placé au-dessus... ».

Ces considérations sur la posture des êtres animés, on les trouve, dans le cahier A, à côté de notes qui reflètent l'influence d'Albert de Saxe. Elles y ont la forme sommaire et imparfaite du premier jet. Pour les voir plus parfaites et plus développées, il suffit que l'on consulte le *Traité de la peinture.* Là, se rencontrent de multiples variantes de cette proposition [2] : « L'homme qui chemine aura le centre de sa pesanteur sur le centre de la jambe qui pose à terre » ; en sorte que « le poids de l'homme [3] qui se tient planté sur une de ses jambes seulement sera tousjours esgalement partagé aux deux costez de la perpendiculaire ou ligne centrale qui le soustient ».

« Tousjours [4] la figure qui soustient le poids sur soy et sur la ligne centrale de la masse de son corps, doit jeter autant du poids naturel ou accidentel de l'autre côté opposite, qu'il en faudra pour parfaire le balancement du poids égal autour de la ligne centrale [5] qui part du centre de la partie du pied [du centre de pesanteur de l'homme] qui porte la charge, et laquelle passe au travers de la masse entière du poids, et tombe sur cette partie du pied qui pose à terre [6]. On void ordinaire-

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci, ms A, fol. 28, verso, et fol. 29, recto.

2. *Traité de la peinture* de Léonard de Vinci, donné au public et traduit de l'italien en françois par R. F. S. D. C. [Roland Fréart, sieur de Chambray]; à Paris, de l'imprimerie de Jacques Langlois, MDCLI. Ch. CCII, p. 66.

3. *Traité de la peinture* de Léonard de Vinci, ch. CCI, p. 66.

4. *Traité de la peinture* de Léonard de Vinci, ch. CCVI, p. 68.

5. Ligne centrale = ligne qui va au centre de la Terre, verticale.

6. La phrase de Léonard contient un lapsus évident; nous avons rétabli le sens entre [].

ment qu'un homme qui lève un fardeau avec un des bras estend naturellement au delà de soy son autre bras, et si cela ne suffit pas à faire contrepoids, il y met encore de son propre poids en courbant le corps autant qu'il faut pour estre bastant à soûtenir le fardeau dont il est chargé; on void encore que celuy qui s'en va tomber à la renverse estend tousjours l'un de ses bras, et le porte vers la partie opposite. » — « Il faut ici[1] remarquer que le poids du corps de l'homme tire d'autant plus que le centre de la pesanteur est esloigné du centre de l'axe qui le soustient. »

On pourrait multiplier ces citations; elles nous montreraient Léonard constamment préoccupé de la situation que le centre de gravité du corps occupe par rapport à la base qui le supporte. Nous avons dit que la Bibliothèque Vaticane possédait une copie fort complète du *Traité de la peinture;* les croquis qui ornent cette copie, et qui sont, sans doute, de grossières imitations des dessins de Léonard, représentent des figures humaines en des postures variées; toujours, une ligne verticale les traverse, montrant que le centre de gravité se projette à l'intérieur de la surface par laquelle l'homme repose sur le sol. Cette ligne verticale a été conservée en quelques-uns des dessins que Nicolas Poussin exécuta pour l'édition italienne et l'édition française données en 1651.

En même temps que Léonard cherche à expliquer par les propriétés mécaniques du centre de gravité les diverses attitudes du corps humain, il n'omet point d'user de ces propriétés en l'analyse du vol des oiseaux; maints passages de ses manuscrits en font foi, et aussi ce chapitre[2] du *Traité de la peinture :*

« *Du mouvement des animaux et de leur course.* La figure qui se montrera plus viste en sa course, sera celle qui tombera d'avantage sur le devant. Le corps qui se meut soy-mesme aura d'autant plus de vistesse que le centre de sa pesanteur sera esloigné de son centre de soustien; cecy est dit principalement pour le mouvement des oyseaux, lesquels sans aucun battement d'aisles ou sans estre aidez du vent, se remuënt

1. *Traité de la peinture* de Léonard de Vinci, ch. CCVII, p. 68.
2. *Traité de la peinture* de Léonard de Vinci, ch. CCCXIX, p. 99.

d'eux mesmes, et cela arrive quand le centre de leur pesanteur est hors du centre de leur soustien, c'est à dire hors du centre de l'estenduë de leurs aisles, parce que si le milieu des deux aisles est plus en avant ou plus en arrière que le milieu ou le centre de pesanteur de tout l'oyseau, alors cet oyseau portera son mouvement en haut et en bas, mais d'autant plus ou moins en haut qu'en bas, que le centre de sa pesanteur sera plus loin ou plus près du milieu des aisles, c'est-à-dire que le centre de la pesanteur estant esloigné du milieu des aisles, il fait que la descente de l'oyseau est fort oblique, et si ce centre est voisin des aisles, la descente de l'oyseau aura peu d'obliquité. »

Lors donc qu'un corps repose en équilibre sur le sol, son centre de gravité se projette à l'intérieur de la surface qui le soutient. Dans le cahier de notes de Léonard que désigne la lettre F, nous avons vu cet important théorème de Mécanique naître d'une conclusion de maître Albert de Saxe; dans le *Traité de la peinture,* nous trouvons les conséquences que l'artiste peut tirer de cette proposition. Entre le principe à peine ébauché, qui n'a point encore reçu son énoncé général, et les corollaires éloignés, qui sont affirmés sans aucune démonstration, il manque visiblement un intermédiaire; un chaînon est perdu.

Que ce chaînon ait existé, que Léonard ait rédigé ou esquissé un *Traité du mouvement local,* exposé systématique des propriétés mécaniques du centre de gravité, il nous est difficile d'en douter. Au *Traité de la peinture,* Léonard, invoquant[1] cette proposition que « tout grave pèse par la ligne de son mouvement », c'est-à-dire par la verticale issue de son centre de gravité, déclare que « cela se prouve par la 9e du mouvement local ».

Ce *Traité du mouvement local,* où se trouvaient sans doute exposées les propriétés statiques et dynamiques du centre de gravité, nous est aujourd'hui inconnu; qu'il ait été connu et exploité au XVIe siècle, cela semble bien probable, car nous allons en trouver la trace fort reconnaissable dans les écrits du P. Jean-Baptiste Villalpand.

1. *Traité de la peinture* de Léonard de Vinci, ch. CXCVI, p. 64.

VI

Les théorèmes de Jean-Baptiste Villalpand.

Jean-Baptiste Villalpand, né à Cordoue en 1552, entra dans la Société de Jésus, où il eut pour maître le P. Jérôme Prado, né lui-même en 1547, à Bacca. Philippe II ayant demandé au P. Prado de composer un commentaire de la vision d'Ezéchiel, le P. Prado associa son élève à cet ouvrage auquel il voulait donner les plus vastes proportions[1]. Le P. Villalpand n'était, tout d'abord, chargé que de la partie archéologique; mais le P. Prado mourut à Rome en 1595, laissant son commentaire inachevé; son élève le continua et composa seul le troisième volume[2]. Villalpand mourut à Rome en 1608, sans avoir terminé cette gigantesque explication d'Ezéchiel.

Au cours des études archéologiques sur Jérusalem et le Temple, Villalpand s'attache à réfuter une singulière erreur. Certains commentateurs avaient prétendu ceci : La Judée est un pays si montagneux que la surface du sol y est quatre fois plus considérable qu'en un pays de plaine que délimiteraient les mêmes frontières. Pour prouver l'absurdité, ou mieux l'inutilité d'une telle supposition, Villalpand entreprend de démontrer qu'un sol montueux ne peut porter ni plus d'hommes, ni plus d'animaux, ni plus d'édifices, ni plus d'arbres qu'une plaine de même contour.

La démonstration cherchée se doit tirer des propriétés statiques du centre de gravité.

Pour définir ce point, pour en marquer les caractères, Villalpand recourt aux auteurs anciens et modernes ; il cite Aristote, Pappus et Commandin ; ce qu'il dit de Pappus et de Commandin, il paraît d'ailleurs l'avoir presque textuellement emprunté

1. Hieronymi Pradi et Joannis Baptistæ Villalpandi e Societate Jesu *in Ezechielem explanationes et apparatus Urbis ac Templi Hierosolymitani, commentariis et imaginibus illustratus*. Opus tribus tomis distinctum. Romæ, MDXCVI-MDCIIII.

2. *Tomi* III, *Apparatus Urbis ac Templi Hierosolymitani Partes* I *et* II, Joannis-Baptistæ Villalpandi Cordubensis e Societate Jesu, collato studio cum H. Prado ex eadem Societate. Romæ, MDCIIII.

à Guidobaldo del Monte[1]. Mais lorsqu'il arrive aux divers théorèmes qui justifieront sa thèse, il ne cite plus aucun auteur.

Ces théorèmes cependant, il n'est point malaisé de deviner à qui Villalpand les emprunte; leur ressemblance est telle avec les fragments que nous avons relevés dans les cahiers manuscrits de Léonard de Vinci ou encore dans le *Traité de la peinture,* qu'il nous les faut, de toute nécessité, attribuer à Léonard. Le chapitre où Villalpand donne la suite de ces théorèmes est certainement la reproduction, plus ou moins remaniée, d'un petit traité rédigé par le grand peintre ou par quelqu'un de ceux qui fréquentaient l'Académie de Vinci.

Voici, par exemple, les énoncés des propositions IV et V :

« Un corps qui repose par un point demeurera en équilibre si la ligne verticale qui passe par le point d'appui passe aussi par son centre de gravité; mais il tombera si cette ligne passe hors du centre de gravité, à moins qu'un *impetus impressus*[2], communiqué au grave, ne mette obstacle à la chute. ».

« Un grave sphérique, posé sur un plan parfait et sauf de tout empêchement, se mouvra jusqu'à ce qu'il parvienne au seul point du plan où il puisse demeurer en équilibre. »

Ne nous souvient-il pas d'avoir lu ces deux propositions, parmi les notes de Léonard, l'une au cahier A, l'autre au cahier F?

La proposition VI de Villalpand est formulée en ces termes:

« Un grave qui repose sur le sol par une certaine surface demeurera en équilibre si une verticale menée par le milieu de la surface de soutien passe par le centre de gravité; ou bien si toute verticale menée par un des points extrêmes de cette surface passe par le centre de gravité; ou bien encore si cette verticale laisse le centre de gravité du même côté que la base. Mais si le centre de gravité se trouve de l'autre côté, le corps tombera assurément. »

Nous reconnaissons, énoncée sous forme générale, la propo-

1. Guidi Ubaldi e Marchionibus Montis *in duos Archimedis æquiponderantium libros paraphrasis, scholiis illustrata,* Pisauri, 1588.

2. Au XVIe siècle, et particulièrement dans les écrits de Léonard, on entend par *impetus impressus* une notion assez vague qui s'est dissociée en se précisant et a fourni les notions de *vitesse acquise*, de *quantité de mouvement* et de *force vive*.

sition que Léonard a formulée pour un cas particulier, suggéré par la lecture d'Albert de Saxe; et, qui plus est, la démonstration que Villalpand donne de cette proposition est presque textuellement celle que Léonard avait imaginée.

Cette proposition s'applique naturellement à l'équilibre des édifices, aussi bien qu'à la station de l'homme et des animaux; ce sont ces applications qui intéressent surtout Villalpand; mais ces applications, il les emprunte, elles aussi, à Léonard. En pourrions-nous douter en lisant, par exemple, ces corollaires?

« Lorsqu'un homme se tient sur ses pieds, de telle sorte que la verticale issue du bout du pied sur lequel il s'appuie passe par le centre de gravité, il ne pourra, du côté vers lequel il penche, lever le bras sans tomber; car ce bras étendu joue le rôle d'un bras de levier plus grand ou d'un poids qui pèse d'autant plus qu'il s'écarte davantage du centre de la balance. »

« Un homme ne saurait s'incliner en avant, en arrière, ou de côté, que la verticale issue du point extrême de la base sur laquelle il s'appuie ne passe par le centre de gravité de son corps; ou bien encore que ce centre de gravité ne surplombe cette base; sinon cet homme tombera. »

« Pour qu'un homme assis puisse se lever, il faut qu'il rapproche les pieds du siège et qu'il avance la tête. »

« Lorsqu'un oiseau vole, la verticale qui passe par le milieu de la surface des ailes passe aussi par le centre de gravité du corps... Lorsqu'il désire élever la partie antérieure de son corps et abaisser la partie postérieure, il porte en avant ses ailes, c'est-à-dire la base qui le supporte. Il les retire en arrière, au contraire, lorsqu'il veut diriger son vol vers le bas. Par là, il parvient aisément à changer en son corps la position du centre de gravité. »

Cette dernière proposition est une de celles qui ont le plus constamment sollicité l'attention de Léonard; transcrite dans l'ouvrage de Villalpand, elle y garde d'autant mieux la marque du grand peintre, qu'elle y est un véritable hors-d'œuvre, sans utilité pour l'objet que se propose le savant Jésuite.

Nous pouvons donc, sans hésitation, attribuer au Vinci les

théorèmes de Villalpand sur le centre de gravité et les applications que cet auteur en a faites à la station de l'homme et des animaux; nous pouvons, en particulier, lui attribuer cette proposition :

« Un quadrupède demeure en équilibre lorsque son centre de gravité se trouve sur une verticale issue de l'un des points extrêmes de la surface qui passe par ses pieds ou bien lorsqu'il se trouve, par rapport à cette verticale, du même côté que cette surface de base. »

Or cette proposition n'est autre chose que le classique théorème sur le *polygone de sustentation,* enseigné aujourd'hui dans tous les cours élémentaires de Statique. C'est donc à Léonard de Vinci qu'il faut remonter pour trouver l'inventeur de cette loi, familière aujourd'hui au moindre bachelier. Villalpand n'a fait que nous transmettre, en se l'appropriant, la découverte du grand peintre.

Perdus en un vaste ouvrage d'exégèse et d'archéologie, les théorèmes empruntés à Léonard par le P. Jean-Baptiste Villalpand fussent sans doute demeurés inconnus des mathématiciens si l'infatigable curiosité de Mersenne ne les eût découverts et signalés à l'attention des géomètres.

Sans cesse à l'affût des idées nouvelles que les savants de France, d'Italie, de Hollande émettaient touchant la Physique ou la Mécanique, le laborieux Minime s'empressait, aussitôt qu'elles étaient connues de lui, de les reproduire et de les commenter en quelqu'une des singulières compilations qu'il publiait sans relâche; par là, il les mettait en circulation; il remplit ainsi, sa vie durant, le rôle que devaient tenir plus tard les journaux scientifiques et les recueils académiques.

L'un des premiers ouvrages du P. Mersenne fut une collection de petits traités imprimés à Paris, en 1626, chez Robert Estienne, sous le titre de *Synopsis mathematica.* Aucun nom d'auteur n'accompagnait ce titre, mais c'est au P. Mersenne que le privilège de l'ouvrage était concédé.

Chacun de ces petits traités se compose d'une suite de théorèmes empruntés, sans aucune démonstration ni figure, à quelque auteur illustre. L'un de ces traités, par exemple,

contient tous les théorèmes des éléments d'Euclide; un autre, toutes les propositions qu'Archimède a formulées dans ses divers ouvrages.

Le plus intéressant de tous ces résumés est assurément celui qui a pour titre : *Mechanicorum libri.* Là, les propositions énoncées par Commandin, par Guidobaldo, par Luca Valerio au sujet du centre de gravité des solides, par Guidobaldo et Stevin au sujet de la Statique, par Stevin au sujet de l'Hydrostatique se trouvent réunis et joints aux diverses *Questions mécaniques* d'Aristote. Là aussi, Mersenne reproduit, au sujet de la *ligne de direction,* c'est-à-dire de la verticale qui passe par le centre de gravité, les divers théorèmes de Villalpand (qu'il nomme *Villapandus*) et quelques autres énoncés.

Parmi ces énoncés, ajoutés par Mersenne à ceux qu'avait publiés Villalpand, il en est où nous retrouverions la tradition d'Albert de Saxe qui, sans doute, s'était conservée dans les écoles jusqu'au XVIIe siècle. Cette constatation serait bien propre à démontrer l'influence considérable qu'eut jadis Albertutius, dont le nom est à peine prononcé aujourd'hui. Mais l'étude des vicissitudes par lesquelles a passé cette influence, si intéressante soit-elle, ne fait point partie de notre sujet. Si le *Synopsis mathematica* de Mersenne nous intéresse, c'est que, par lui, les propriétés statiques du centre de gravité, découvertes par Léonard de Vinci, et publiées par Villalpand comme si le savant jésuite en était l'auteur, sont venues à la connaissance commune des géomètres.

Nous ne suivrons pas la trace de ces propositions parmi les divers traités de Statique qui virent le jour au XVIIe siècle ou à des époques plus rapprochées de nous; une telle recherche intéresserait l'histoire générale de la Mécanique et non l'histoire spéciale des découvertes scientifiques de Léonard; il est temps, croyons-nous, de conclure le chapitre de cette histoire spéciale que nous avions entrepris d'écrire.

Nous avons vu une idée, qui devait conduire à d'importantes conséquences, germer et se développer dans l'esprit de Léonard de Vinci. Cette idée est-elle née par génération spontanée? Non point; si originale soit-elle, sa formation a été

occasionnée, provoquée par des pensées plus anciennes. Ces pensées, qui ont suggéré une découverte au grand peintre de la Renaissance, se sont-elles présentées à son esprit en quelque œuvre produite par l'Antiquité classique? Pas davantage; si ces pensées ont leur principe dans les écrits mêmes d'Aristote, elles ont été élaborées à nouveau par la Scolastique du XIVe siècle et ce sont les corollaires produits par cette élaboration qui ont fécondé les réflexions de Léonard. Celui-ci a fixé sur le papier, en des notes sommaires, les divers aspects sous lesquels la vérité se montrait à lui; mais il n'a pas publié les résultats de ces méditations; en faut-il conclure qu'ils ont été perdus pour la Science, qu'il a fallu retrouver ce qu'il avait déjà inventé? Point encore; par tradition écrite ou orale, par la dilapidation de ses manuscrits ou par la diffusion de son enseignement, la loi de Statique qu'il avait reconnue est parvenue jusqu'aux géomètres du XVIIe siècle; par eux, elle a pénétré dans le courant de la Science; il n'y manquait que le nom de l'inventeur.

Ainsi, l'étude que nous allons clore nous paraît, si restreinte soit-elle, capable de discréditer quelques-uns des préjugés qui faussent l'histoire de la Renaissance scientifique.

III

LÉONARD DE VINCI

ET

BERNARDINO BALDI

LÉONARD DE VINCI

ET

BERNARDINO BALDI

Maintes fois, au cours de nos recherches sur l'histoire de la Mécanique, il nous est arrivé de formuler cette assertion : Les idées neuves que Léonard de Vinci a semées à profusion dans ses notes n'ont point été inconnues de ses successeurs ; plagiées par de nombreux auteurs, elles ont, durant tout le XVIe siècle, inspiré les écrits qu'ils publiaient sur la Statique et sur la Dynamique.

A l'appui de cette assertion, la lecture du grand ouvrage de Prado et Villalpand sur Jérusalem et son temple nous a fourni un argument saisissant ; nous avons vu [1] le P. Villalpand insérer dans sa description de la Judée un petit traité de Statique dont les divers chapitres se retrouvaient tous, à l'état de brouillons, dans les cahiers manuscrits de Léonard ; et cette étude nous a permis de restituer au grand peintre, son véritable inventeur, le théorème célèbre du polygone de sustentation.

Nous allons retrouver la trace des notes de Léonard, et nous allons la retrouver aussi palpable, aussi profondément marquée qu'en l'ouvrage de Villalpand, en analysant un commentaire aux *Questions mécaniques* d'Aristote ; ce commentaire fut composé avant le monumental traité du savant Jésuite, mais la publication en fut longtemps retardée [2].

Ce commentaire a pour auteur Bernardino Baldi.

1. Voir la précédente étude : *Léonard de Vinci et Villalpand.*

2. Bernardini Baldi Urbinatis, Guastallæ abbatis, *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes ;* adjecta succincta narratione de autoris vita et scriptis. Moguntiæ, typis et sumptibus Viduæ Joannis Albini ; MDCXXI.

I

La vie de Bernardino Baldi d'Urbin, abbé de Guastalla.

L'éditeur qui, quatre ans après la mort de l'auteur, publia les *Exercices* de Bernardino Baldi, les fit précéder d'une courte et intéressante notice biographique rédigée par Fabricio Scharloncini[1]. En cette notice, Bernardino Baldi nous apparaît comme un esprit d'une activité et d'une étendue prodigieuses, capable d'embrasser les connaissances les plus diverses; de tels esprits, l'Italie du XVIe siècle s'est montrée productrice féconde, plus peut-être qu'aucun autre pays, à aucune autre époque.

Bernardino Baldi naquit à Urbin le 6 juin 1553; il appartenait à une noble famille de Pérouse, la famille des Cantagallini; son trisaïeul avait troqué son nom patronymique contre celui de Baldi. Sa mère se plaisait à conter la piété extraordinaire dont Bernardino avait fait preuve dès ses plus jeunes années. Ses premiers maîtres furent Giovanni-Andrea Palazi et Giovanni-Antonio Turonei; ce dernier était en relation avec Paolo Manuzi (Alde Manuce l'Ancien) qui le tenait en haute estime pour sa connaissance des langues grecque et latine. Les leçons de ce savant humaniste profitèrent à Baldi qui, tout jeune encore, traduisait en vers les *Phénomènes* d'Aratus.

En 1573, âgé de vingt ans, Baldi se rend à Padoue pour y compléter sa formation intellectuelle; nous l'y voyons s'attacher de suite à Emmanuele Margunii; sous la direction de cet érudit, il approfondit l'étude de l'Iliade; il étudie les chefs d'œuvre de la littérature grecque et, particulièrement, les idylles de Théocrite. Son commerce avec les poètes grecs fut si assidu que sa mémoire garda, sa vie durant, de longs morceaux de poésie hellénique; il répétait volontiers que la

1. Le titre de cette notice est le suivant : *De vita et scriptis Bernardini Baldi Urbinatis, ex literis Fabritii Scharloncini, ad Illustrissimum et Reverendissimum Dominum Lælium Ruinum Episcopum Balneoregiensem, ex-Nuntium Apostolicum ad Poloniæ Regem etc.*

traduction d'un orateur grec lui coûtait parfois quelque peine, tandis que la traduction d'un poète ne lui en coûtait aucune.

Son aptitude à acquérir la connaissance d'une langue étrangère tenait, du reste, du prodige. Il se trouvait fréquemment, à Padoue, en relation avec des « transalpins » ; il se lia d'amitié avec certains d'entre eux ; honteux de ne pas entendre leur langage, il apprit le français et l'allemand avec une rapidité extraordinaire. Plus tard, devenu abbé de Guastalla, il se veut adonner aux études d'Écriture Sainte et, en trois ans, il apprend l'hébreu et le chaldaïque ; quelque temps après, il y joint la connaissance de l'arabe et l'esclavon, appris au cours d'un voyage à Rome. Son épitaphe, citée par Nicéron [1], lui attribue la connaissance de douze langues ; mais Crescimbeni, dont Nicéron rapporte également le témoignage, en énumère seize : l'hébraïque, la chaldaïque, l'étrusque, la grecque, la latine, l'arabe, la persane, l'esclavone, la turque, l'allemande, la hongroise, l'espagnole, la française, la provençale, la sicilienne et l'italienne.

D'ailleurs, dès l'époque de son séjour à Padoue, nous voyons se manifester, en même temps que sa vocation philologique, son goût pour les études historiques et scientifiques ; il compose un traité sur les canons et sur ceux qui les ont inventés.

Chassé de Padoue par la peste, il revient à Urbin, sa patrie ; là, dit Scharloncini, il vit pendant cinq ans dans l'intimité du grand géomètre Frédéric Commandin, poursuivant en sa compagnie l'étude des diverses sciences mathématiques ; il l'aide à dessiner les figures qui illustrent les traductions d'Euclide, de Pappus et de Héron que Commandin a données. La douleur qu'il ressent de la mort de Commandin pousse Baldi à écrire la vie de son ami ; mais bientôt ce projet se change en un dessein bien plus vaste : celui d'écrire la vie de tous les grands géomètres ; et, en douze années, Baldi mène ce dessein jusqu'à complète exécution.

Comme le remarque fort justement Nicéron [2], ce récit de

1. Nicéron, *Mémoires pour servir à l'histoire des hommes illustres de la République des Lettres*, t. XXXIX, p. 361.

2. Nicéron, *Mémoires pour servir à l'histoire des hommes illustres de la République des Lettres*, t. XXXIX, p. 357.

Scharloncini ne peut être exact, car Commandin était mort en 1575, un an avant que Baldi ne revînt en sa patrie ; s'il y eut amitié et collaboration entre ces deux hommes, ce ne put être que durant la jeunesse de Baldi, avant son départ pour l'Université de Padoue.

Après la mort de Commandin, Baldi se lie d'amitié avec un autre géomètre et mécanicien illustre, Guidobaldo, marquis del Monte ; l'influence de celui-ci, complétant celle de Commandin, pousse notre érudit vers l'étude de la Mécanique ; c'est sous cette influence qu'en 1582, il compose les commentaires aux *Questions mécaniques* d'Aristote dont va traiter le présent article.

La réputation que valaient à Baldi sa science et ses vertus parvint jusqu'à Ferdinand de Gonzague, prince de Molfetta et seigneur de Guastalla ; celui-ci l'appela à sa cour, sans astreindre d'ailleurs le savant érudit à la vie fastueuse qu'on y menait ; Baldi put continuer paisiblement ses travaux et, à la demande de Vespasien de Gonzague, duc de Sabionetta, mener à bien ses commentaires sur Vitruve.

Ferdinand de Gonzague dut, sur ces entrefaites, se rendre en Espagne ; il ne voulut point se séparer de Baldi dont la conversation le charmait et dont les conseils lui étaient précieux ; il l'emmena donc avec lui. Mais dès le début du voyage, le savant philologue tomba malade ; il dut s'arrêter à Milan, où saint Charles Borromée le reçut chez lui et le garda jusqu'à complet rétablissement.

Baldi revint alors à Guastalla où l'absence de Ferdinand lui procura de studieux loisirs. En 1586, la charge d'abbé de Guastalla, qu'il n'avait aucunement sollicitée, lui fut confiée. Il résolut alors de s'adonner exclusivement aux études de droit canon et d'exégèse ; mais il ne put se tenir à ce champ, trop étroit pour son activité ; la philologie, l'astronomie, la géographie se partagèrent son attention avec l'étude des livres sacrés ; nous le voyons traduire des géographes arabes et composer un dictionnaire arabe. Enfin, en 1603, il entreprit la rédaction d'une géographie aux proportions monumentales, où devaient être décrits les moindres villes et villages mentionnés par les

auteurs anciens ou modernes. Il ne put terminer cette œuvre gigantesque; à sa mort, survenue le 12 octobre 1617, après quarante jours de maladie, il n'avait mené à bonne fin que quatre ou cinq volumes de ce dictionnaire géographique; les notes qu'il laissait témoignaient que sept ou huit volumes restaient à composer.

II

Les œuvres de Bernardino Baldi.

Scharloncini nous vante les vertus, la piété, la charité, le désintéressement de Baldi; il nous retrace l'amour du travail qui, chez cet érudit, tenait du prodige; tant qu'il fut dans la force de l'âge, il se leva régulièrement à minuit pour se mettre à l'étude; pendant ses repas, il lisait un livre allemand, français ou arabe.

Aussi les écrits de Baldi sont-ils extraordinairement nombreux. L'épitaphe du savant abbé de Guastalla en évalue le nombre à quarante-huit. Scharloncini fait suivre sa notice biographique d'une liste d'ouvrages qui comprend cinquante-quatre titres, mais cette liste se termine par ces mots : *Et quædam alia.* Crescimbeni, qui a eu entre les mains presque toutes les œuvres de notre auteur, assure qu'il en fallait compter plus de cent.

Un certain nombre des écrits de Baldi furent imprimés du vivant de l'auteur; tels sont les suivants :

1° *Corona dell' anno quale si contiene tanti sonnetti, quanti santi corrono il tutto l'anno, secondo il calenderio Romano.* Vicenza, per A. della Noce; 1589. — Cet ouvrage est une collection de 106 sonnets sur les principales fêtes de l'année.

2° *Di Herone Alessandrino de gli automati overe machine se moventi, libri due, tradotte dal greco* da Bernardino Baldi. In Venetia, appresso Girolamo Porro; 1589.

Une seconde édition fut donnée, du vivant de l'auteur : In Venezia, appresso Gio. Battista Bertoni; 1601.

L'ouvrage fut imprimé une troisième fois, à Venise, en 1661.

3° *Versi e prose* di Monsignor Bernardino Baldi. Venetia, appresso F. de' Franceschi; 1590.

Imprimé en l'absence de l'auteur, cet ouvrage fourmille de fautes d'impression. Il contient les pièces suivantes :

La nautica, poème en vers non rimés que Baldi présenta en 1585 à Ferdinand de Gonzague;

L'eglogue miste;

Li sonetti romani;

Le rime varie:

La favola di Leandro di Museo;

Dialogo della dignità;

L'arciero, overo della felicita del principe;

La descrittione del pallazzo d'Urbino.

La description du palais d'Urbin, qui termine ce recueil, fut reproduite plus tard dans :

Memorie concernenti la città di Urbino e la descrizione del palazzo da Bernardino Baldi e Francesco Bianchini, pubblicate dal Cardinale Annibale di S. Clemente. Roma, G. M. Salvioni; 1724.

D'autre part, le poème de *La nautica* fut traduit en français sous le titre : *La navigation, poème de* Bernardino Baldi, *traduit de l'italien par* M. J. Armand de Galiani. Paris, A. Bertrand (sans date).

Enfin ce recueil, enrichi par l'adjonction d'autres ouvrages de Baldi, fut publié sous le titre :

Versi e prose scelte di Bernardino Baldi, ordinate e annotate da Filippo Ugolini et Filippo Luigi Polidori. Firenze, Le Monnier; 1859.

4° Les *Sonnetti romani,* avec une autre pièce, furent publiés dans l'ouvrage suivant :

Sonnetti romani; il lauro, scherzo giovanile. Parigi; 1600.

5° *La Deifobe, ovvero gli oracoli della Sibilla Cumea, monodie.* Venezia; 1604.

6° *Il diluvio universale, cantato con nuova maniera di versi.* Pavia, per P. Bartoli; 1604.

7° *Concetti morali.* In Parma; 1607.

8° *Carmina latina.* In Parma; 1609.

9° *Scamilli impares Vitruviani a* Bernardino Baldo *nova ratione explicati, refutatis priorum interpretum Gulielmi Philandri, Danielis Barbari, Baptistæ Bertani sententiis.* Augustæ Vindelicorum, ad insigne Pinus; 1612.

10° *De Vitruvianorum verborum significatione seu commentarius perpetuus in M. Vitruvium Pollionem*, auctore Bernardino Baldo. Accedit vita Vitruvii, eodem auctore. Augustæ Vindelicorum, ad insigne Pinus; 1612.

Les recherches de Baldi sur Vitruve sont, assurément, celles de ses œuvres qui eurent le plus de réputation. Nous les trouvons reproduites dans les ouvrages suivants :

A. — M. Vitruvii Pollionis *Opera. Libri decem.* Amstelodami, apud Ludovicum Elzevirium; 1649..... Accedunt *Lexicon Vitruvianum* Bernardini Baldi *Urbinatis, Guastallæ Abbatis, et ejusdem Scamilli impares Vitruviani.....* (L'écrit désigné ici par le titre : *Lexicon Vitruvianum* est le : *De Vitruvianorum verborum significatione.*)

B. — Joannis Poleni *Exercitationes Vitruvianæ, seu commentarius criticus de Vitruvii architectura.* Patavii; 1739..... Accedit *M. Vitruvii Pollionis vita, auctore* Bernardino Baldo.

C. — M. Vitruvii Pollionis *Architectura, textu ex recensione codicum emendato cum exercitationibus notisque novissimis* Joannis Poleni *et commentariis variorum additis*, nunc primum studiis Simone Stratico Utini, apud fratres Mattiuzzi, Anno 1825, in officina Peciliana. — Cet ouvrage contient : *Marci Vitruvii Pollionis vita conscripta a* Bernardino Baldo *Urbinate, cum annotationibus* Joannis Poleni — Baldi Bernardini *Scamilli impares Vitruviani nova ratione explicati.*

11° *Orazione di* B. Baldi, *Ambasciadore del Ser. Duca d'Urbino, alla Serenita del nuovo Duca di Venetia M. Antonio Memmio.* In Venetia; 1613.

12° Bernardini Baldi *in tabulam æneam Eugubinam, lingua Hetrusca veteri perscriptam, divinatio.* Augustæ Vindelicorum, ad insigne Pinus, imprimebat D. Francus; 1613.

13° *Heronis Ctesibii* Belopoeca, *hoc est telifactiva, græce et latine,* interprete et scholiaste Bern. Baldo, qui *Vitam Heronis* addidit. Augustæ Vindelicorum, typis Davidis Franci; 1616.

La traduction et les notes de Bernardino Baldi furent insérées dans la collection des *Mathematici veteres* donnée par l'Imprimerie royale en 1693.

La *Vita Heronis* fut également imprimée à part en 1616.

Cette étude sur Héron d'Alexandrie est le dernier écrit de Bernardino Baldi qui ait été imprimé du vivant de l'auteur; mais un grand nombre d'autres ouvrages du savant abbé de Guastalla furent publiés après la mort de celui qui les avait composés; quelques-uns, même, n'ont pas été livrés à la presse avant la fin du XIXe siècle.

Parmi ceux de ces ouvrages posthumes qui sont venus à notre connaissance, le premier en date est celui qui va nous occuper en cet article :

14° BERNARDINI BALDI URBINATIS, Guastallæ abbatis, *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes; adjecta succincta narratione de autoris vita et scriptis.* Moguntiæ, typis et sumptibus Viduæ Joannis Albini; MDCXXI.

Il faut sans doute regarder comme une seconde édition de cet ouvrage le livre suivant, mentionné par Murhard (*Bibliotheca mathematica,* t. III, p. 6) :

Sylloge commentariorum et exercitationum in quæstiones mechanicas Aristotelis, cum proemio Bart. Lausanni. Venetiis; 1623.

Après cette œuvre, nous pouvons citer :

15° *La difesa di Procopio, contre le calumnie di Flavio Biondo, con alcune considerationi intorno al luogo, ove segui la giornata tra Totila e Narsete.* In Urbino, per M. A. Mazzantini; 1627.

16° *I cento apologhi di* M. BERN. BALDI, *portati in versi da* GIO. MARIO DE CRESCIMBENI, *colle moralità di* MALATESTA STRINATI. In Roma, per A. de Rossi; 1702.

Ces apologues, originaux mais très sommaires, avaient été composés, nous dit Scharloncini, à l'imitation de Leone-Battista Alberti; Crescimbeni a pris la peine de les mettre en vers.

Une deuxième édition du même ouvrage fut donnée : Roma, tip. Perego Salvioni; 1828.

17° *Encomio della patria de* M. BERNARDINO BALDI, *da Urbino.* In Urbino, per A. A. Monticelli; 1706.

Cet écrit a été reproduit en tête du recueil, déjà cité, qui a pour titre :

Memorie concernenti la città di Urbino e la descrizzione del palazzo da Bernardino Baldi e Francesco Bianchini, pubblicate dal Cardinale Annibale di S. Clemente. Roma, G. M. Salvioni ; 1724.

18° *Cronica de' Matematici, overo epitome dell'istoria delle vite loro.* Urbino, per M. A. Monticelli ; 1707.

Ce n'est qu'un court abrégé du grand ouvrage auquel Baldi travailla pendant douze ans.

Cet écrit a été réimprimé dans les *Versi e prose scelte* di Bernardino Baldi, publiés à Florence en 1859 et précédemment cités.

19° *Epistola de asse sive pondere Etrusco.* Cette lettre est insérée au livre I, ch. VII de l'ouvrage suivant :

Justi Fontanini *De antiquitatibus Hortæ.* Romæ ; 1708.

20° *Vita di Federigo Commandino.*

Cette vie, qui est un des ouvrages les plus remarquables de Baldi, a été imprimée à Venise dans le *Giornale de' letterati d'Italia*, vol. XIX, p. 140; 1714.

Elle a été réimprimée dans les *Versi e prose scelte* di Bernardino Baldi. Firenze ; 1859.

21° Bernardini Baldi *Celeo, o l'orto.* Inséré dans *Quattro elegantissime egloghe rusticali.* Venezia ; 1765.

22° *Della vita e de' fatti di Guibaldo I da Montefeltro, Duca d'Urbino, libri XII;* di Bernardino Baldi. Milano, G. Silvestri ; 1821.

23° *Vita e fatti di Federigo da Montefeltro,* istoria di Bernardino Baldi estratta da un manoscritto inedito con osservazione di Fr. Zuccardi. Roma, presso Perego Salvioni ; 1824.

24° *De scribenda historia tractatus,* auctore Bernardino Baldo ; inséré dans : *Spicilegium Romanum,* tomus I. Romæ ; 1839.

25° *Vita di Aristide Quintiliano da* Bernardino Baldi (*Atti dell' Accademia pontificia di Nuovi Lincei*, t. XVIII ; 1865.) Cet écrit est reproduit dans : Vincent et Martin, *Passage du traité de musique d'Aristide Quintilien relatif au nombre nuptial de Platon.* Roma ; 1865.

26° *Vita di Giovanni Eligerio* da Bernardino Baldi (*Bulletino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche*, pubblicato da Baldassare Boncompagni, t. I, p. 349; 1868). Cet écrit est reproduit dans : P. D. Timoteo, Barnabita, *Sulla epistola di Pietro Peregrino di Maricourt... Memoria seconda...*, p. 107. Roma; 1868.

27° *Lettere di* Bernardino Baldi, cavate degli autografi che sono a Parma nell' Archivio di Stata; pubblicate da Amadio Ronchini. Parma, per conto della R. Deputazione di Storia patria; 1873.

28° *Vite inedite di matematici italiani*, scritti da Bernardino Baldi e pubblicati da Enrico Narducci (*Bulletino...* pubblicato da B. Boncompagni, t. XIX; 1886).

29° *Vita di Paolo di Middelburg* da Bernardino Baldi; inséré dans : Demetrio Marzi, *La questione della riforma del calendario nel quinto concilio Lateranense* (1512-1517). Firenze; 1896.

Le nombre des œuvres de Baldi qui ont été imprimées jusqu'à ce jour est très considérable; il s'en faut, cependant, que l'on ait publié toutes celles que cite Scharloncini. Au nombre de celles qui sont encore inédites, il convient de citer, en premier lieu, cette collection de vies des grands mathématiciens qui avait coûté à Baldi douze années de travail. Cette collection n'est point perdue; le manuscrit original et deux copies se trouvaient en la bibliothèque du prince Boncompagni[1].

Bien d'autres œuvres inédites figurent encore dans la liste donnée par Scharloncini. Ces œuvres ont, d'ailleurs, les objets les plus variés.

Nous y trouvons des morceaux littéraires, en vers ou en prose; telle la traduction en vers italiens des *Phénomènes* d'Aratus, première œuvre de notre auteur; tels un recueil de poésies et de discours pieux, intitulé *Scala cœlestis*; une comparaison entre la vie monastique et la vie séculière; six livres sur la cour; des poèmes satiriques sur le même sujet, complétés par la traduction des *Misères de courtisans* de Lucien;

1. *Catalogo di manoscritto ora posseduti da B. Baldassare Boncompagni, compilato da* Enrico Narducci. Roma, Tip. delle Scienze matematiche e fisiche; 1862.

des livres d'odes et d'épigrammes; des dialogues, dont l'un, intitulé *Goselin,* traite de l'humanité, dont un autre, intitulé *Le Tasse,* a la prosodie pour sujet.

A l'histoire des inventions scientifiques se rattache la pièce intitulée : *De tormentis bellicis et eorum inventoribus.*

A l'étude des langues et à la Philologie appartiennent les traductions des *Fables* de Musée, de l'*Homeri paralipomenon* composépar Quintus de Smyrne, la composition d'un *Dictionnaire arabe.*

La passion de Baldi pour l'Archéologie a inspiré le *Discours aux conservateurs de Rome en vue d'assurer la sauvegarde des antiquités de cette ville* et un livre sur les *Antiquités de Guastalla.*

Les recherches au sujet de l'Ancien et du Nouveau Testament sont nombreuses dans l'œuvre de l'infatigable érudit; nous y relevons, en effet, une traduction des *Lamentations de Jérémie* d'après le texte grec des Septante, enrichie de notes d'après le texte hébreu; une paraphrase du *Livre de Job*, composée sur le texte latin et annotée d'après le texte hébreu; une traduction de la *Paraphrase sur le Pentateuque* écrite en langue chaldaïque par Onkelos; une *Description nouvelle du temple d'Ézéchiel;* enfin, une *Étude sur l'Évangile selon saint Matthieu.*

L'Astronomie et la Géographie revendiquent, parmi les écrits de Baldi, *Cinq livres sur le nouveau calendrier,* un *Cadran solaire universel,* un écrit *Sur le firmament et les eaux*, la traduction d'un *Jardin géographique* arabe dont l'auteur est inconnu, enfin le vaste *Dictionnaire géographique universel* que l'abbé de Guastalla laissa inachevé.

Mentionnons encore un ouvrage de géomètre, le *Paradoxorum mathematicorum liber,* dont le titre seul nous est connu, et nous aurons achevé cette revue des écrits composés par Bernardino Baldi; revue sans doute incomplète; revue suffisante, cependant, pour nous donner un aperçu du labeur prodigieusement actif et continu, comme des multiples aptitudes intellectuelles, dont témoigne une pareille œuvre. Une telle puissance de travail, une telle souplesse de l'esprit, bien communes au XVIe siècle, étonnent jusqu'à l'effroi nos raisons modernes, si vite rebutées par une étude longue et

pénible, si aisément déroutées par le moindre changement de méthode, si volontiers satisfaites d'avoir, en un tout petit livre, effleuré la surface d'un domaine minuscule.

III

Les emprunts de Bernardino Baldi a la Mécanique de Léonard de Vinci.

Scharloncini nous apprend que les *Exercices sur les questions mécaniques d'Aristote* furent composées par Baldi en 1582. L'auteur était, à ce moment, l'ami de Guidobaldo, marquis del Monte. Celui-ci venait de composer un traité de Mécanique [1] qui, pendant un siècle, eut grande renommée; il allait y joindre un commentaire aux recherches d'Archimède sur les centres de gravité [2], et ce commentaire ne devait guère avoir moins de vogue que *Les méchaniques*. L'influence de Guidobaldo sur les doctrines mécaniques exposées par Bernardino Baldi ne saurait donc être révoquée en doute; bien loin de nier cette influence, Baldi se plaît à citer à maintes reprises le nom de son ami.

Ses connaissances ont, d'ailleurs, d'autres sources que le *Mechanicorum liber* du Marquis del Monte et, parmi ces sources, il en est qu'il nous fait connaître. Telle, en premier lieu, la traduction des *Questions mécaniques* d'Aristote donnée, avec de brefs commentaires, par Nicolas Leoniceni [3]; telle encore la savante et importante *Paraphrase* des mêmes *Questions mécaniques* composée par le très docte Alexandre Piccolomini [4]. Baldi va même jusqu'à nous apprendre, en sa préface, que le

1. Guidi Ubaldi e Marchionibus Montis *Mechanicorum liber*. Pisauri, apud Hieronymum Concordiam; MDLXXVII.

2. Guidi Ubaldi e Marchionibus Montis *In duos Archimedis æquiponderantium libros paraphrasis, scholiis illustrata*. Pisauri, apud Hieronymum Concordiam; MDLXXXVIII.

3. Nicolai Leonici *(sic)* Thomæi *Opuscula nuper in lucem ædita quorum nomina proxima habentur pagella... Conversio mechanicarum quæstionum Aristotelis cum figuris et annotationibus quibusdam*. Colophon: Opusculum hoc ex impressione representavit Bernardinus Vitalis Venetus, Anno Domini MCCCCCXXV, Die XXIII Februarii, ex Venetiis.

4. Alexandri Piccolomini *In mechanicas quæstiones Aristotelis paraphrasis paulo quidem plenior, ad Nicolaum Ardinghellum Cardinalem amplissimum....* MDXLVII. In fine: Excussum Romæ apud Antonium Bladum Asulanum. Tertio Non. Ianuarii MDXLVII.

MEDIAE

bruit des recherches du Hollandais Simon Stevin est venu jusqu'à lui, mais qu'il n'a point vu les travaux de cet auteur[1].

Mais il est une influence que Baldi a profondément éprouvée et que, cependant, il ne cite pas : c'est l'influence de Léonard de Vinci ; à Léonard de Vinci, il doit tous les passages qui, dans ses commentaires, attirent le plus vivement l'attention ; de ces passages, nous trouvons en quelque sorte le brouillon dans les cahiers que conserve la Bibliothèque de l'Institut ; ce sont ces mêmes cahiers qui nous ont permis de suivre les pensées éveillées en l'esprit du grand peintre par la lecture d'Albert de Saxe ; ce sont eux également qui nous ont gardé les esquisses des théorèmes reproduits par Villalpand.

Ces théorèmes, si curieusement insérés par Villalpand en sa description de la Judée, nous les retrouvons presque tous en l'écrit de Bernardino Baldi.

Baldi en donne quelques-uns dans le chapitre [2] où il examine cette question d'Aristote : Si deux hommes portent un poids suspendu à un bâton, pourquoi celui qui est moins distant du fardeau supporte-t-il une charge plus grande ?

Cette question l'amène, en effet, à se demander pourquoi ceux qui portent un grand poids marchent courbés et à répondre qu'ils prennent cette position pour mettre leur centre de gravité dans la verticale du point d'appui.

Il commence alors à développer ces considérations sur les diverses postures de l'homme et des animaux que Léonard avait esquissées au cahier *A*, puis plus complètement exposées au *Traité de la peinture*. Ces considérations, Baldi les poursuit au chapitre suivant [3], où il examine cette question d'Aristote : Pourquoi ceux qui sont assis et veulent se lever placent-ils les jambes de telle sorte qu'elles fassent un angle aigu avec les cuisses et rapprochent-ils de même la poitrine des cuisses ? Cette

1. En effet, la Statique de Stevin, rédigée en flamand, ne fut imprimée qu'en 1586 sous ce titre : *De Beghinselen der Weeghconst*, beschreven deur Simon Stevin van Brugghe. Tot Leyden, inde Druckerye van Christoffel Plantijn, bij Françoys van Raphelinghen, MDLXXXVI. Ainsi, quatre ans avant qu'elles fussent imprimées, les recherches du grand géomètre de Bruges étaient déjà annoncées en Italie.

2. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes;* Quæstio XXIX, p. 166.

3. B. Baldi, *loc. cit.*, Quæstio XXX, p. 166.

question était précisément la première[1] que Léonard de Vinci eût cherché à résoudre par la considération du centre de gravité.

Baldi explique en détail la solution de Léonard; il rend compte d'une manière analogue de diverses allures de l'homme et des animaux; il n'oublie pas, d'ailleurs, d'appliquer la même théorie aux objets inanimés; l'exemple du trépied[2] le conduit à formuler la loi du polygone de sustentation. L'équilibre des tours penchées, telles que la tour de Pise et la tour de Garisendi à Bologne, est traité presque dans les mêmes termes qu'au livre de Villalpand.

Ce n'est point en ce livre, cependant, que Baldi a pu lire les théorèmes de Léonard; l'œuvre de l'abbé de Guastalla était achevée bien avant que ne parût celle du savant Jésuite. Il n'est pas admissible non plus que Villalpand n'ait eu des théorèmes de Léonard qu'une connaissance indirecte, par la communication d'une copie manuscrite des *Exercitationes* de Baldi; certains passages donnés par Villalpand, tel le passage si caractéristique sur le vol des oiseaux, ne se trouvent pas dans le livre de Baldi. Ils ont dû puiser tous deux leurs connaissances à une source commune, et cette source devait être soit un manuscrit de Léonard, soit un cahier copié sur les notes du grand peintre. Il se peut, d'ailleurs, que Villalpand ait tenu de Baldi la connaissance de ce document; selon Scharloncini, Baldi s'était occupé, lui aussi, de la description du temple d'Ezéchiel et avait composé un traité sur ce sujet; il ne serait point surprenant qu'il ait été mis, à cette occasion, en rapport avec Villalpand.

Quoi qu'il en soit, les emprunts faits par Baldi à la Statique de Léonard sont autrement étendus que ceux dont Villalpand est débiteur.

Parmi ces emprunts, l'un des plus caractéristiques concerne la pesanteur apparente d'un grave sur un plan incliné.

La plus ancienne solution de ce problème est due à Pappus,

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 28, verso.

2. B. Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes;* Quæstio XXX, p. 172.

qui s'était efforcé de déterminer cette pesanteur apparente en étudiant le roulement d'un corps sphérique sur un plan incliné; appuyé sur des hypothèses que nous jugeons aujourd'hui inadmissibles, le raisonnement de Pappus conduisait à un résultat faux. L'exacte évaluation de la pesanteur apparente d'un corps placé sur un plan incliné avait été obtenue dès le XIIIe siècle par un mécanicien de l'École de Jordanus de Nemore; et la méthode proposée par ce géomètre était si parfaite que l'on pourrait, aujourd'hui encore, la répéter dans les cours de Statique sans y changer un seul mot.

Léonard, qui connaissait probablement la règle découverte par ce géomètre du XIIIe siècle, s'est efforcé de la retrouver par un artifice analogue à celui de Pappus; sa démonstration, inacceptable en bonne logique, n'en est pas moins ingénieuse; il est à croire, d'ailleurs, qu'il y attachait une certaine importance, car il l'a exposée à plusieurs reprises [1].

Or, cette solution si originale, si particulière à Léonard, Bernardino Baldi la reproduit très exactement et, chose digne de remarque, à propos d'une question où elle semble n'avoir que faire [2]. Il a soin, d'ailleurs, de noter et que la solution de Léonard offre des analogies avec celle de Pappus, et qu'elle en diffère en des points essentiels.

Tandis que Baldi adoptait cette solution dont le résultat, du moins, était correct, Guidobaldo, aveuglé par son admiration exclusive des anciens, s'en tenait au raisonnement de Pappus.

Toute occasion semblait bonne à Baldi pour exposer, en marge d'Aristote, les remarques qu'il empruntait aux notes de Léonard.

Aristote, par exemple, pose cette question : Pourquoi les corps flottants, saisis par un tourbillon liquide, sont-ils tous finalement amenés au centre du tourbillon? Les circonstances se prêtent à une étude sur la formation des tourbillons au sein des eaux courantes. Cette étude, Baldi nous en donne

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 52, recto et fol. 21, verso. — Cf. P. Duhem, *Les origines de la Statique*, Ch. II, et Ch. VIII, § 3.

2. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes;* Quæstio VIII : Quæritur cur ex figuris omnibus rotundæ facilius moveantur, p. 62.

les éléments[1]; mais ces éléments, nous ne sommes point fort embarrassés pour en reconnaître la provenance; nous les trouvons exposés, presque dans les mêmes termes, en un cahier de Léonard de Vinci.

Lisons d'abord ce que Baldi nous enseigne de la genèse des tourbillons :

« Soit ABCD *(fig. 1)* la rive courbe et concave d'un fleuve. Le rapide courant EFDC, qui se précipite en C avec violence, épousant la forme de la rive, s'enroule en tourbillon; lorsqu'en B il se détache de la rive, l'eau poursuit le tournoiement commencé, elle se recourbe en spirale et forme un tourbillon GHFIK dont le centre est en K.

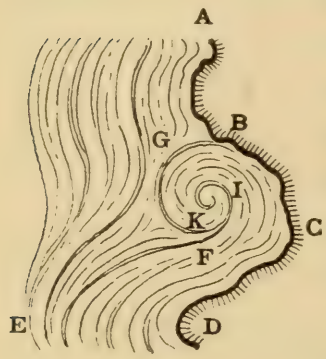


Fig. 1.

» Les tourbillons peuvent encore naître d'une autre cause, savoir, du contact entre une eau courante et une eau dormante. Soit, en effet, ABC *(fig. 2)* une rive de fleuve qui forme golfe; par suite de l'arrêt opposé par la rive, ce golfe renferme une nappe d'eau tranquille; supposons que le fleuve coure librement et directement entre les deux droites AC et DE. Tandis que l'eau qui avoisine AC se porte rapidement vers A, elle donne une impulsion latérale, suivant CA, à l'eau tranquille ABC; elle entraîne avec elle, de F vers G, la partie de cette eau qu'elle touche. Mais tandis que cette eau entraînée court de F vers G, l'eau tranquille qui est à côté s'oppose à elle et la repousse de G vers H. L'eau commence donc un mouvement en spirale; elle s'incurve selon la ligne GHK, et parvient au point I où les diverses parties de l'eau tourbillonnante se touchent les unes les autres. D'ailleurs, ces tourbillons ou ces masses d'eau roulant en spirale, que nous avons observés

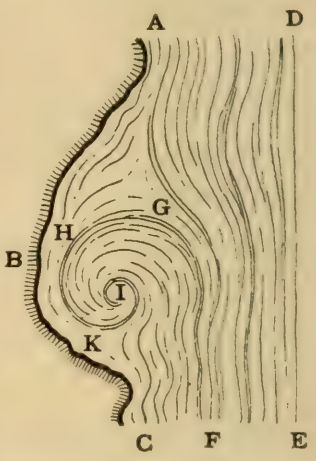


Fig. 2.

1. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes;* Quæstio XXXV, p. 187.

en naviguant sur le Pô, l'Adige ou d'autres grands fleuves, ne demeurent point en un lieu invariable; ils suivent le mouvement de l'eau qui les entraîne et, transportés au fil de l'eau, ils s'évanouissent peu à peu[1]. »

Lisons maintenant Léonard :

« On observe parfois, » dit-il[2], « de nombreux tourbillons sur les côtés d'un grand courant d'eau, et plus ils s'approchent de la fin du courant, plus ils sont grands.

» Ils se créent à la surface par les eaux qui retournent en arrière après la percussion qu'a produite le courant plus rapide. Les eaux lentement mobiles que frappe la masse liquide mue rapidement transforment aussitôt leur mouvement et acquièrent ladite vitesse; par suite, l'eau qui est en contact avec le courant, par derrière, se trouve attachée, et attirée par force, et arrachée de l'autre eau; de sorte que, de proche en proche, toute cette eau qui se mouvait lentement acquerrait ce même mouvement rapide; mais un tel courant ne pourrait recevoir toute cette eau à moins qu'elle ne s'élève au-dessus de lui; comme cela ne peut être, il est nécessaire que cette eau retourne en arrière et consume en soi-même de tels mouvements. Dès lors, lesdits tourbillons vont, consommant en diverses circulations les mouvements commencés. Et ils ne restent pas aux mêmes endroits, mais, après qu'ils sont formés, tout en continuant à tourner ainsi, et sans changer de figure, ils sont portés par l'impulsion de l'eau; en sorte qu'ils font à la fois deux mouvements, l'un est un mouvement de révolution sur soi-même, l'autre consiste à suivre le cours de l'eau; et cette eau transporte le tourbillon jusqu'à ce qu'elle le défasse. »

1. Nous verrons, dans une prochaine étude, que les *Exercitationes* de Baldi ont exercé une puissante influence sur la Mécanique du XVIIe siècle; dès maintenant, mentionnons que l'ouvrage de Baldi est souvent cité dans les commentaires aux *Questions Mécaniques* d'Aristote composés par Jean de Guevara [a]. D'ailleurs, dans cet ouvrage, bon nombre d'emprunts sont faits à Baldi et, par son intermédiaire, à Léonard de Vinci, sans qu'aucun auteur soit cité; c'est ainsi que les considérations sur les tourbillons exposées ci-dessus sont reproduites par Guevara (Quæst. XXXV).

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; Ms. I de la Bibliothèque de l'Institut, f° 78 [30], verso et recto.

a. Joannis de Guevara, cler. reg. min, *In Aristotelis mechanicas commentarii, una cum annotationibus quibusdam ad eandem materiam pertinentibus*. Romæ, apud Jacobum Mascardum; MDCXXVII.

Le second de ces morceaux n'est-il pas, en quelque sorte, le brouillon du premier?

Aristote se pose la question suivante[1] : Pourquoi les pièces de bois se brisent-elles d'autant plus aisément qu'elles sont plus longues? Baldi s'empresse de profiter de cette question pour exposer ses idées sur la résistance des matériaux; or, de ses opinions à ce sujet, nous trouvons presque toujours la trace dans les manuscrits de Léonard, au cahier A, que conserve la Bibliothèque de l'Institut.

Baldi s'occupe d'abord (p. 98) de la résistance d'une poutre chargée debout. Il entreprend d'expliquer pourquoi la poutre soutiendra sans fléchir ni se rompre un poids très considérable pourvu que le centre de gravité du poids et le centre de gravité de la poutre se trouvent sur une même verticale, et que celle-ci rencontre le centre de la surface par laquelle la poutre repose sur le sol. Or Léonard avait dit[2] de même : « Il est impossible que le support qui a son centre placé sous le centre du poids superposé par ligne perpendiculaire se puisse jamais ployer, mais d'abord il poussera sous terre sa base. »

« Mais, on dira peut-être, » remarque Baldi, « que s'il en est ainsi, plus une poutre sera grêle, plus elle aura de force pour soutenir le poids, et moins elle se brisera, ce qui est contraire aux faits. Nous répondrons que cette rupture provient de la faiblesse de la matière et non des proportions géométriques... Deux choses importent donc à la force d'un support : un rapport convenable entre la longueur et l'épaisseur, et une certaine solidité et résistance de la matière. »

« Bien qu'on ne puisse pas bien déterminer par nombre quel est l'accroissement de la puissance d'un corps de double quantité par rapport à un autre, on peut pourtant, » dit Léonard, « approcher quelque peu de la vérité » ; et il multiplie les remarques[3] sur cette « debita proportio longitudinis ad crassitudinem » que Baldi se contente de signaler.

1. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes;* Quæstio XVI, p. 95.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, f° 45, verso.

3. *Ibid.*, fol. 45, verso, fol. 46, recto et verso, et fol. 47, recto.

Pour prouver qu'une poutre chargée debout ne peut se courber ni se briser, Baldi considère tout d'abord (p. 99) une poutre horizontale, encastrée à ses extrémités et qui porte un poids en son milieu; cette poutre résiste d'autant mieux que le rapport de sa longueur à son épaisseur est plus petit; l'abbé de Guastalla en conclut qu'une poutre chargée debout, où les dimensions horizontales sont fort petites par rapport à la hauteur, a une très grande résistance; le raisonnement est étrange; il ne se trouve point dans les notes de Léonard; mais, du moins, y voyons-nous l'étude de la flexion d'une poutre horizontale chargée en son milieu se mêler[1] à l'étude de la résistance de la poutre chargée debout. D'ailleurs, les considérations par lesquelles Baldi prouve qu'une poutre encastrée à ses extrémités portera un poids d'autant plus grand qu'elle est plus épaisse, rappellent de fort près celles par lesquelles Léonard établit[2] qu'un arc dont on double l'épaisseur portera un poids quadruple.

Côte à côte, Léonard dessine un arc en cintre surbaissé et un arc ogival. « L'arc peu courbé, » dit-il du premier[3], « est sûr par lui-même, mais s'il vient à être chargé, il faut bien armer ses épaules. » — « L'arc de grande courbure, » ajoute-t-il en parlant du second, « est par lui-même faible et le devient davantage si on le charge; et si tu as peu de souci de ses épaules, il se rompra » en deux points que Léonard marque sur chaque arc partiel, à peu près au tiers de sa longueur à partir du sommet.

Ces courtes indications sont comme l'esquisse de ce que Bernardino Baldi enseigne[4] au sujet de la résistance de ces deux sortes d'arcs.

Baldi, toutefois, y ajoute de son cru une amère critique « de cette forme où se complurent étrangement les barbares qui, au déclin de l'Empire, envahirent l'Italie et qui faussèrent hon-

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 48, recto.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 49, verso.

3. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 50, verso.

4. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes*, pp. 106-107.

teusement les bonnes et correctes règles de construction établies par les anciens ».

Il arrive alors à traiter[1] de l'arc en plein cintre « qui est plus utile que tous les autres, qui est de beaucoup le plus beau; aussi l'usage en fut-il extrêmement familier à tous les architectes de l'antiquité ». Ce que Baldi nous enseigne au sujet de la résistance de cet arc semble encore un simple développement de ce qu'en a dit Léonard[2].

Léonard avait sans doute, dans un cahier que nous ne possédons pas, développé les quelques indications sur la résistance des arcs que nous lisons au cahier A; le manuscrit ainsi rédigé ou une copie de ce manuscrit a dû venir aux mains de Bernardino Baldi.

IV

Les emprunts de Bernardino Baldi a la Mécanique de Léonard de Vinci *(suite)*. — Le centre de la gravité accidentelle

Notre attention va être attirée vers d'autres emprunts que Baldi a faits à la Mécanique de Léonard, et ces nouveaux emprunts auront sur le développement ultérieur de la Science une puissante et féconde influence. Par l'intermédiaire du livre composé par l'abbé de Guastalla, certaines idées de Léonard seront communiquées à Descartes et à Roberval; elles provoqueront entre ces deux grands géomètres un débat qui ne sera pas exempt d'aigreur; portées par Mersenne, par le P. Fabry, par Pierre Mousnier à la connaissance du jeune Christiaan Huygens, les affirmations contradictoires de Roberval et de Descartes suggéreront à ce physicien de génie la théorie du pendule composé; et la genèse de cette grande découverte de

1. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes*, p. 108.
2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 49, verso.

Dynamique pourra ainsi être suivie à partir des notes jetées sur le papier par Léonard de Vinci[1].

Il nous faut tout d'abord, pour comprendre le sens exact des notes qui furent le point de départ de cette genèse, dire quelques mots d'une notion qui joue un grand rôle dans les raisonnements de Léonard ; nous voulons parler de la notion d'*impeto*.

Cette notion même, il n'est point possible d'en saisir l'exacte signification si l'on ne se reporte aux opinions que l'Antiquité et le Moyen-Age ont professées touchant le mouvement des projectiles.

Aristote, aux livres VII et VIII de sa Φυσικὴ ἀκρόασις, a construit toute sa Mécanique sur ces principes :

Toute chose mue qui n'est pas animée tient son mouvement d'un moteur distinct d'elle-même.

Le moteur accompagne nécessairement la chose qu'il meut.

Dans une semblable doctrine, le mouvement d'un projectile, le mouvement de la flèche après qu'elle a quitté l'arc, apparaît comme un phénomène qu'il est malaisé d'expliquer.

A cette flèche en mouvement, il faut adjoindre un moteur qui soit distinct d'elle et qui, cependant, pendant toute la durée du mouvement, soit contigu avec elle. Ce moteur ne peut pas être une certaine impulsion, une certaine propriété conférée à la flèche par l'arc qui l'a lancée, car le moteur serait alors intrinsèque à la chose mue. Ce moteur ne peut être que l'air qui environne la flèche.

C'est donc l'air, ébranlé par le moteur initial, qui maintient le mouvement du projectile. Mais cet air même, quel moteur le maintient en mouvement? La difficulté n'est point résolue ; elle n'est que déplacée. Il faudra accorder à l'air ce qu'on a refusé à la flèche, la propriété de demeurer en mouvement après que le premier moteur sera revenu au repos ; il faudra admettre que cet air, une fois agité, peut, pendant un certain temps, non seulement demeurer son propre moteur, mais encore servir de moteur au projectile.

Semblable illogisme n'a point arrêté Aristote ; il n'a point

1. Cette genèse sera exposée dans une prochaine étude sur *Bernardino Baldi, Roberval et Descartes*.

arrêté ses plus illustres commentateurs, depuis l'Antiquité jusqu'au début du XIVe siècle; Alexandre d'Aphrodisie, Themistius, Simplicius, Averroës, Albert le Grand, saint Thomas, Pierre d'Auvergne, Gilles Colonna (Ægidius Romanus), Gautier Burley, Jean de Jandun consentent tous en ce point qu'un moteur peut communiquer à l'air, à l'eau, aux divers fluides non seulement la propriété de demeurer en mouvement lorsque le moteur est revenu au repos, mais encore d'entraîner dans leur mouvement les solides qu'ils entourent. Cette puissance, Alexandre d'Aphrodisie la compara à la chaleur que le feu communique à l'eau; après que le feu a été éloigné, l'eau demeure chaude et capable d'échauffer les corps que l'on y plonge. Cette comparaison fit fortune dans les écoles.

Beaucoup de penseurs devaient réputer étrange cette opposition entre les solides et les fluides; si l'on accorde à l'air et à l'eau une κινητικὴ δύναμις διδομένη par laquelle ces corps demeurent mobiles et moteurs après qu'ils ont reçu un premier ébranlement, pourquoi refuser à la flèche cette même δύναμις? Et si on la lui accorde, toute la difficulté qui a si fort préoccupé Aristote et ses commentateurs ne se trouve-t-elle pas résolue?

Que cette opinion se soit, dès l'Antiquité, offerte à certains esprits, les Μηχανικὰ προβλήματα, dont l'attribution à Aristote n'est rien moins que certaine, nous en apportent le témoignage. Tandis qu'en la XXXIVe Question, l'auteur de cet ouvrage admet que l'air ébranlé est la cause qui entretient le mouvement des projectiles, nous le voyons, aux deux questions qui portent les nos XVIII et XX, assimiler le mouvement (φορὰ) à une pesanteur additionnelle.

L'opinion, bien indistincte encore, que laissent soupçonner ces passages, se précisa assurément au Moyen-Age, car saint Thomas d'Aquin et Gautier Burley prennent soin de réfuter ceux qui attribuent le mouvement de la flèche à une vertu que l'arc aurait imprimée en cette flèche; et déjà, à cette qualité dont il ne veut pas admettre l'existence, Burley donne[1] le nom de *gravité accidentelle*.

1. Burleus *Super octo libros Physicorum;* Venetiis, Bonetus Locatellus, 1491; p. 227, col. c.

L'opinion que saint Thomas et Gautier Burley se refusaient à adopter va être nettement formulée, explicitement enseignée, au milieu du XIVe siècle, par Albert de Saxe[1].

« Celui qui lance un projectile imprime à ce projectile une certaine vertu motrice; c'est une qualité dont la nature même est de mouvoir le projectile dans la direction où le moteur l'a lancé. »

Plus le projectile est massif, plus est intense la vertu qui l'entraîne. « Comme une pierre a plus de matière qu'une plume et qu'elle est plus dense, elle reçoit davantage de cette vertu motrice; elle la garde plus longtemps que la plume et voilà pourquoi elle se meut plus longtemps après qu'elle a quitté l'instrument qui la projette. C'est aussi parce qu'elle possède davantage de cette vertu motrice imprimée qu'elle produit une percussion plus violente. »

Cette *virtus impressa* n'est pas impérissable; elle s'atténue peu à peu et finit par s'anéantir, car la gravité, qualité naturelle au mobile et qui l'incline à un mouvement contraire, lutte sans cesse contre cette vertu : « Comme, par nature, » dit Albert de Saxe, « le projectile tend à un mouvement opposé, cette vertu imprimée finit par se corrompre; alors le mobile cesse de se mouvoir du mouvement qu'on lui a donné en le jetant. »

Ces quelques phrases écrites par Albert de Saxe sont comme le programme de la Dynamique que Léonard développe en maint passage de ses notes.

Nous ne pouvons songer à reproduire ici tous ces passages; bornons-nous à en noter quelques-uns qui résument et condensent, pour ainsi dire, la pensée du Vinci.

La *virtus motiva impressa* à laquelle Albert de Saxe attribue le mouvement du projectile qui a quitté son moteur, Léonard de Vinci lui donne divers noms; il l'appelle *forza* et, plus souvent, *impeto;* « Définition de l'*impeto*, » lisons-nous en ses notes[2] : « L'*impeto* est une vertu créée par le mouvement et transmise par le moteur au mobile qui a de mouvement ce que l'*impeto* a de vie. »

1. *Acutissimæ quæstiones super libros de physica Auscultatione ab* Alberto de Saxonia *editæ;* in librum VIII quæstio XIII.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; Ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 22, recto.

Le mobile a de mouvement ce que l'*impeto* a de vie; mais la vie de l'*impeto* n'est point éternelle; cette qualité va s'éteignant peu à peu et finit par mourir d'elle-même; elle « va se consumant par degrés de mouvement »[1];

« La *forza*[2] court avec furie à sa mort désirée... Elle naît par violence et meurt par liberté. Et plus elle est grande, plus vite elle se consume. »

Mortelle parce qu'elle a pour origine la violence, la *forza* diffère en cela du poids qui est perpétuel parce qu'il est naturel : « Si le poids désire la stabilité[3] et si la *forza* est toujours en désir de fuite, le poids est par lui-même sans fatigue, tandis que la *forza* n'en est jamais exempte. Plus le poids tombe, plus il augmente[4], et plus la *forza* tombe, plus elle diminue. Si l'un est éternel, l'autre est mortelle. Le poids est naturel et la *forza* accidentelle. Le poids désire stabilité et puis immobilité; la *forza* désire fuite et mort d'elle-même. »

En la plupart des mouvements que nous observons, l'*impeto* et la pesanteur interviennent tous deux et, bien souvent, ils s'opposent l'un à l'autre; lorsque l'*impeto* est suffisamment fort, il annule la pesanteur et le mouvement est purement violent; mais la pesanteur, à son tour, tue la *forza* et le mouvement devient exclusivement naturel.

Le mouvement d'un projectile est un de ces mouvements mixtes ou composés; d'abord violent, il fait monter le projectile soumis à l'action de l'*impeto;* puis il le fait retomber sous l'influence de la pesanteur. « Le mouvement naturel[5] a d'abord été accidentel; ainsi la pierre qui tombe a d'abord été portée ou jetée en haut; on l'a appelé accidentel quand il montait et naturel quand il descendait. »

La trajectoire d'un projectile se compose donc de deux

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; Ms. F. de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 74, verso.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 34, verso.

3. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 34, verso.

4. C'est la doctrine d'Aristote et de ses commentateurs : Plus un mobile s'approche de son lieu naturel, plus sa tendance vers ce lieu est intense.

5. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 31, verso.

parties distinctes, engendrées par des puissances différentes et soumises à des lois différentes. « La pierre ou autre chose pesante[1], jetée avec furie, changera la ligne de sa course à moitié chemin. Et si tu connais une tienne arbalète qui tire à 200 brasses, place-toi à une distance de 100 brasses d'un clocher, mets le point de mire au-dessus de ce clocher et tire ta flèche; tu verras qu'à 100 brasses au delà de ce clocher, la flèche se fichera en ligne perpendiculaire; et si tu la trouves ainsi, c'est signe qu'elle avait fini le mouvement violent et qu'elle entrait dans le mouvement naturel, c'est-à-dire qu'étant pesante, elle tombait, libre, vers le centre. »

Les deux portions de la trajectoire, celle qui correspond au mouvement violent et celle qui provient du mouvement naturel, ne se succèdent cependant pas sans transition; la route du mobile s'incurve avec une parfaite continuité, comme le marquent tous les dessins de Léonard; sans doute, celui-ci ne donne pas encore à la trajectoire d'un mobile pesant la forme d'une parabole; l'arc descendant se rapproche de la verticale plus que l'arc ascendant; mais cette particularité même met en évidence le talent d'observateur qui caractérisait Léonard, car la trajectoire réelle prend, par suite de la résistance de l'air, une forme semblable à celle qu'il dessine.

Comment s'explique cette transition entre le mouvement violent et le mouvement naturel? L'*impeto* ne passe pas brusquement de la pleine puissance à la mort; il s'évanouit graduellement; bien avant qu'il ait entièrement cessé d'être, il est assez affaibli pour que la tendance naturelle vers le centre des graves puisse se faire sentir; ainsi entre la période où l'*impeto* entraîne le mobile dont la gravité est alors anéantie et la période où la gravité, victorieuse, exerce seule son action, s'écoule une période de lutte entre ces deux puissances.

Cette lutte, nous en sommes témoins lorsque nous suivons des yeux les diverses phases du mouvement d'une toupie :

« La toupie[2] qui, par la rapidité de son mouvement de

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 4, recto.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 50, verso.

circonvolution, perd la puissance qu'a l'inégalité de sa pesanteur autour du centre de sa circonvolution, par cause de l'*impeto* qui domine ce corps, est un corps qui n'aura jamais la tendance à l'abaissement que désire l'inégalité de sa pesanteur, tant que la puissance de l'*impeto* moteur de ce corps ne se fait pas moindre que cette puissance de l'inégalité.

» Mais quand la puissance de l'inégalité surpasse la puissance de l'*impeto*, alors elle se fait centre du mouvement de circonvolution; et ainsi ce corps, amené à rester gisant, finit sur ce centre le reste du susdit *impeto*.

» Et quand la puissance de l'inégalité se fait égale à la puissance de l'*impeto*, alors la toupie s'infléchit obliquement et les deux puissances combattent avec mouvement composé, et elles se meuvent l'une l'autre avec un grand circuit, jusqu'à ce que s'établisse le centre de la seconde espèce de circonvolution; et, en lui, l'*impeto* termine sa puissance. »

Cette période de lutte entre la pesanteur et l'*impeto* est précédée d'une période où cette qualité, victorieuse, annihile entièrement la pesanteur; au cours de cette période, un projectile se meut en ligne droite dans la direction où il a été lancé; lorsque, par exemple, une bombarde a été pointée horizontalement, le boulet se meut d'abord « dans la position d'égalité », c'est-à-dire suivant une ligne horizontale; il n'éprouve alors aucune pesanteur suivant la verticale; il pèse seulement, dans la direction de son mouvement, de cette *gravité accidentelle* qu'est l'*impeto* : « Tout grave qui se meut selon la position de l'égalité[1] ne pèse que par la ligne de son mouvement. On le prouve dans la première partie que fait le mouvement du boulet de la bombarde, mouvement qui est dans la position de l'égalité. »

Nous venons d'entendre Léonard se servir du mot *peser* pour désigner l'action par laquelle l'*impeto* entraîne le mobile : et ce mot nous a rappelé le nom de *gravité accidentelle* par lequel, dès le temps de Gautier Burley, on désignait cette vertu que le moteur communique au projectile. Gaëtan de

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; ms. G de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 77, recto.

Tiène, qui écrit vers le milieu du xve siècle[1], nous apprend[2] que « certains donnent le nom de *gravité* ou de *légèreté accidentelle* à cette vertu communiquée par le moteur au mobile, mais qu'on l'appelle communément *impetus* ». Léonard, lui aussi, prend parfois le terme de *gravité accidentelle* comme synonyme d'*impeto* ou de *forza* : « Trois sont les natures du grave[3] : l'une est sa gravité simple et naturelle; la seconde est sa gravité accidentelle; la troisième est le frottement produit par lui. Mais le poids naturel est, en soi, immuable; l'accidentel qui se joint à lui est infini, avec la *forza;* et le frottement est variable selon les lieux où il est fait, c'est-à-dire âpres ou délicats. »

Cette analogie entre la gravité et l'*impeto*, marquée par le nom de *gravité accidentelle* que reçoit cette dernière qualité, va conduire Léonard à une conception nouvelle ; cette conception, il se bornera à l'indiquer ; mais elle exercera sur le développement de la Dynamique une profonde et féconde influence.

Selon la doctrine que Léonard a empruntée à Albert de Saxe, la gravité naturelle siège tout entière, pour ainsi dire, en un certain point du grave, son centre de gravité ; de même, la gravité accidentelle se condense en un point, le centre de gravité accidentelle ; lors donc qu'un mobile se meut d'un mouvement mixte, où la pesanteur et la *forza* entrent en jeu et luttent l'une contre l'autre, il y a lieu de considérer à la fois ces deux centres, le centre de la gravité naturelle et le centre de la gravité accidentelle : « Tout corps non uniforme a trois centres[4], c'est-à-dire ceux de la grandeur, de la gravité accidentelle et de la gravité naturelle. »

Les notes où nous voyons Léonard faire appel à la considération de ce centre de la gravité accidentelle, qu'il nomme aussi *centre du mouvement* ou *centre de la fuite,* sont malheu-

1. Gaëtan de Tiène, né à Vicence, enseigna la philosophie à Padoue; il mourut en cette ville en 1465. Il ne faut point le confondre avec Gaëtan de Tiène, né à Vicence en 1480, mort en 1547; celui-ci fonda l'ordre des Théatins et fut canonisé.

2. *Recollectæ* Gaietani *super octo libros Physicorum cum annotationibus textuum,* fol. 51. Colophon : Impressum est hoc per Bonetum Locatellum, jussu et expensis nobilis viri Domini Octaviani Scoti civis Modoetiensis. Anno Salutis 1496.

3. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 54, verso.

4. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; ms. F de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 54, recto.

reusement fort peu nombreuses et fort peu explicites[1]. Nous y devinons que tout plan mené par le centre du mouvement doit partager le mobile en deux parties telles que les puissances d'*impeto* de l'une des parties équilibrent exactement les puissances d'*impeto* de l'autre partie; nous y lisons que, dans le choc d'un projectile contre un obstacle, la position du point frappé par rapport au *centre du mouvement* détermine la violence plus ou moins grande du coup et les mouvements du boulet après le choc. Ces pensées à peine esquissées, Léonard les développait en ce *Traité du mouvement local* qu'il mentionne au *Traité de la peinture* et que nous ne possédons plus; lors, en effet, qu'en ce *Traité de la peinture,* il invoque[2] cette proposition : « Tout grave pèse par la ligne de son mouvement, » il ajoute que « cela se prouve par la 9e du mouvement local ». C'est, sans doute, en ce *Traité du mouvement local* que Bernardino Baldi avait pris connaissance de ces propositions.

Les emprunts de l'abbé de Guastalla à la Mécanique de Léonard sont, en effet, assez larges, assez directs pour qu'il soit impossible de les méconnaître.

Voici, d'abord, la distinction de la trajectoire d'un projectile en trois portions : la première, décrite de mouvement violent, la seconde de mouvement mixte, la troisième de mouvement naturel. « Deux de ces mouvements[3], le mouvement naturel et le mouvement violent, sont rectilignes; le troisième mouvement, mélange de ces deux-là, est curviligne.

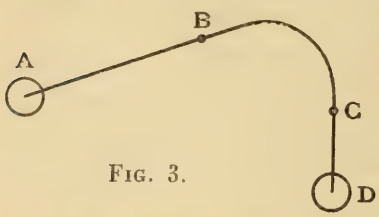


Fig. 3.

» En effet, que l'on projette violemment un corps grave A *(fig. 3);* tandis que la violence est prédominante, ce corps se meut en droite ligne vers B ; lorsque la violence se met à faiblir peu à peu, on voit le mobile se porter en C par une ligne courbe et mixte; c'est à la violence, en effet, qu'il doit son transport en avant, à la nature, son mouvement vers le bas; une fois qu'il est parvenu en C, la violence ayant pris fin

1. Elles se trouvent réunies au ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 44, recto et verso.

2. *Traité de la peinture* de Léonard de Vinci, ch. CXCVI, p. 64,

3. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes,* p. 4.

tandis que la nature demeure, le corps pesant tombe verticalement suivant CD.

» Ce mouvement naturel et ce mouvement violent peuvent se comporter de diverses manières. Si, en effet, une force extérieure pousse un corps grave vers le centre du monde, la nature et la violence s'aideront l'une l'autre ; si cette force pousse le corps grave vers le haut, elles résisteront l'une à l'autre ; enfin, dans les mouvements de côté, elles se combattront l'une l'autre d'autant plus vivement que la trajectoire montera davantage. »

La décomposition du mouvement d'un projectile, Baldi la reproduit lorsqu'il analyse le mouvement de la hache[1]. Celui qui frappe un coup de hache rejette d'abord l'instrument en arrière; puis, brusquement, il l'élève au-dessus de sa tête et le laisse retomber. Tandis que la hache décrit ainsi une portion de circonférence, elle commence par monter d'un mouvement purement violent; la descente, au contraire, est un mouvement mixte où la gravité naturelle est secondée par la violence qu'a imprimée le bûcheron.

Ces considérations s'accordent fort bien avec la Dynamique de Léonard de Vinci; il est bon de remarquer, cependant, que Baldi aurait pu ne les pas emprunter directement au grand peintre; Cardan, qui les tenait sans doute de Léonard, les avait déjà publiées[2] presque dans les mêmes termes :

« Les matières donc qui sont jetées au loing consistent en trois mouvemens : le premier violent, le dernier du tout naturel, et le moien composé des deux autres. » Le premier mouvement porte le corps en droite ligne de A vers B, qui est le point le plus haut de la trajectoire. « Or quand la boule jetée est parvenue droitement en son extrême lieu, elle ne descend en faisant la figure du cercle, ni aussi droitement, mais presque par une ligne moyenne entre les deux qui représente presque la ligne environnante d'une quatrième partie du cercle, comme

1. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes*, p. 129.

2. Hieronymi Cardani medici Mediolanensis *De subtilitate libri XXI*. Lugduni; MDLI. — Les livres de Hiérome Cardanus, médecin milannois, intitulés *De la subtilité et subtiles inventions...* traduis de latin en françois par Richard Le Blanc. Paris, MDLVI; p. 49, recto.

est BC; et finalement aucune fois la boule descend tout droit de C en D par le mouvement de la matière pesante. »

Si ce passage de Cardan, vraisemblablement inspiré de Léonard, a pu, à son tour, inspirer Bernardino Baldi, il est d'autres circonstances où celui-ci se montre soumis à l'influence directe de Léonard. N'est-ce pas cette influence que nous reconnaissons dans les considérations par lesquelles notre auteur explique[1] « comment les toupies qui servent aux jeux des enfants, se tiennent debout tant qu'elles tournent et tombent lorsque leur mouvement de rotation prend fin » ?

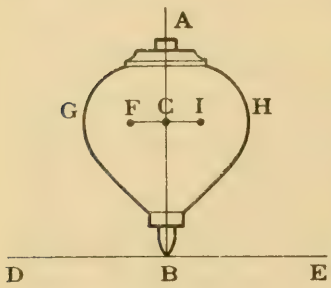


Fig. 4.

« Considérons une toupie AB *(fig. 4)*, dont le centre de gravité est C; soient DE le plan horizontal et ABC une verticale qui passe par le centre de gravité C et par le point d'appui B. Le centre de gravité se trouvant sur la verticale du point d'appui, la toupie demeure en équilibre, selon ce qui a été démontré. C'est par le défaut de sa construction matérielle qu'elle tombe, à moins qu'elle ne soit animée d'un rapide mouvement de rotation. »

« Je dis donc que la toupie se tiendra debout tant que durera le mouvement de rotation, mais qu'elle inclinera vers la chute lorsque le mouvement se ralentira, et qu'elle tombera lorsque la rotation prendra fin. Imaginons, en effet, que par suite du manque d'homogénéité de la matière, ou du défaut de la fabrication, ou de toute autre cause, le centre de gravité soit non pas en C, mais en F; désignons par G, H les côtés de la toupie. Le centre de gravité se trouvant en F, hors de la verticale du point d'appui, la toupie tomberait du côté G; la vitesse du mouvement empêche qu'il n'en soit ainsi, car elle transporte aussitôt le centre de gravité de l'autre côté, en I. La toupie ne tombe pas davantage vers H, car la même vitesse ramène le centre de gravité en F. Grâce à ce transport continuel du centre de gravité autour de la verticale du point d'appui, la toupie ne peut tomber d'aucun côté. Mais le mouvement vient-

1. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes*, p. 22.

il à s'alanguir, la toupie s'incline peu à peu ; lorsqu'enfin ce mouvement de rotation cesse tout à fait, la toupie tombe du côté de la verticale du point d'appui où se trouve le centre de gravité. »

L'*impeto*, lorsqu'il est très violent, supprime, ici encore, la gravité naturelle, conformément aux principes de Léonard : « Ajoutons, » dit Baldi[1], « qu'en une telle rotation, le corps devient plus léger tant que dure le mouvement, et d'autant plus léger que la rotation est plus rapide. Cet effet a pour cause le mouvement latéral qui oppose un certain obstacle au mouvement qui, par gravité naturelle, tend vers le centre ; aussi l'expérience nous apprend-elle que si l'on pose sur la paume de la main, tandis qu'elle tourne rapidement, une de ces toupies qui servent aux jeux des enfants, on la trouve très légère. »

Cette première période, au cours de laquelle l'*impeto* prévaut et annule la gravité, est suivie, selon Léonard, d'une seconde période au cours de laquelle la « puissance de l'inégalité » lutte contre la « puissance de l'*impeto* » et finit par la vaincre. Cette lutte, Baldi la décrit[2] en étudiant la rotation d'une roue dont l'axe est incliné et dont le centre se trouve hors de l'axe ; il nous montre ce centre subissant contre la nature, à chaque révolution, un déplacement qui l'éloigne du centre du Monde. « Lors donc que la violence cessera et que la nature prévaudra, la roue ne tardera pas à s'arrêter d'elle même. »

Cette étude du mouvement de rotation nous fournit encore d'autres rapprochements entre la pensée de Léonard et celle de Baldi ; en voici un qui est particulièrement saisissant ; il s'agit de la rotation d'une roue dont le centre de gravité est sur l'axe.

Au sujet de ce mouvement, Léonard de Vinci avait écrit ces lignes[3] :

« Si une roue dont le mouvement est devenu de plus en plus violent, donne d'elle-même, après que son moteur l'abandonne, beaucoup de tours, il paraît clair que si ce moteur

1. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes*, p. 74.
2. Bernardino Baldi, *loc. cit.*, p. 76.
3. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci ; ms. B de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 26, verso.

persévère à la faire tourner en sus de ladite vitesse, cette persévérance peut avoir lieu avec peu de force. Et je conclus que pour vouloir maintenir ce mouvement, le moteur n'aura toujours que peu de fatigue, et d'autant plus que, par nature, il se fixera. »

Baldi dessine[1] cette roue, dont le centre de gravité est en G *(fig. 5)*, sur l'axe de rotation; puis il ajoute : « En l'absence de toute force extérieure, le corps se tient en équilibre. Si donc à l'une des moitiés de la roue on applique, en C par exemple, une force si petite soit-elle, la moitié BCD prévaudra sur la moitié BAD; elle la poussera ou l'entraînera, l'obligeant à suivre son propre mouvement. Ainsi la puissance que l'on a appliquée en C, ne rencontrant aucun obstacle, communiquera à la roue un mouvement très rapide, et cet effet sera d'autant plus aisé et plus prompt que la roue est déjà davantage en mouvement, que son diamètre est plus grand et que la puissance mouvante est appliquée plus loin du centre. Nous reconnaissons clairement combien ce mouvement est facile si nous observons que le moteur peut cesser toute impulsion et que la roue, cependant, garde très longtemps le mouvement qui lui a été imprimé; elle ne s'arrête entièrement qu'après une rotation durable. »

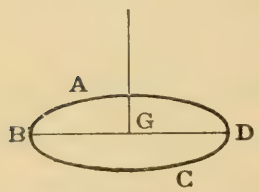


Fig. 5.

Nous avons vu Bernardino Baldi faire à la Dynamique de Léonard de Vinci de si nombreux emprunts que nous ne nous étonnerons pas de lui voir adopter la notion de *centre de la gravité accidentelle.*

A cette notion, l'abbé de Guastalla accorde une extrême importance; car la notion de *centre de la gravité naturelle,* il la pose à la base de sa Mécanique; voici, en effet, comment il définit[2] l'objet même de cette science :

« Le mécanicien considère le *grave* et le *léger.*

» Un corps peut être grave de deux manières, *par nature* ou *par violence.*

» Un corps est dit *grave par nature* lorsqu'une propension

1. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes*, p. 73.
2. Bernardino Baldi, *loc. cit.*, p. 1.

naturelle le porte vers le centre du Monde. Il est dit *grave par violence* lorsqu'une certaine pesanteur, imprimée de l'extérieur par un moteur, le pousse dans une certaine direction.

» Un corps est dit *léger* lorsque, *par nature,* il s'éloigne du centre du Monde.

» D'ailleurs tout ce qui est grave est grave en un certain point que l'on nomme le *centre de gravité;* comme il y a deux gravités, il y a deux centres de gravité, celui de la *nature* et celui de la *violence.* »

Après avoir donné du centre de gravité les deux définitions de Pappus et de Frédéric Commandin, Baldi continue en ces termes[1] :

« Nous disions qu'il y avait deux centres de gravité, l'un dû à la *nature* et l'autre à la *violence.* Nous affirmons maintenant que ces deux points n'en font qu'un en réalité; qu'on ne peut les considérer comme deux points distincts que par la raison et non dans la réalité.

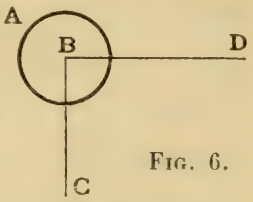


Fig. 6.

» Soit, en effet, B *(fig. 6)* le centre de la gravité naturelle du corps A; c'est ce centre qui tombera en C si le grave tombe abandonné à lui-même; si, au contraire, on lui communique une impulsion dans la direction D, il acquerra un autre centre de gravité relatif à la violence qui l'entraîne dans la direction D; en réalité, ces deux points n'en font qu'un, qui est le point B; mais on devra les considérer comme deux centres différents si l'on considère séparément la gravité naturelle et la violence.

» A ces deux centres correspondent deux mouvements, tous deux rectilignes; l'un purement naturel et l'autre purement violent... »

Cette identification entre le centre de la gravité naturelle et le centre de la gravité *ex violentia* surprendrait peut-être si l'on n'observait que Baldi considère surtout un projectile animé d'un simple mouvement de translation.

Cette analogie lui sert à répondre[2] à cette question : « Pour-

1. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes,* p. 3.
2. Bernardino Baldi, *loc. cit.,* p. 181.

quoi la partie la plus lourde d'un corps se tourne-t-elle en bas lorsque le corps tombe, et en avant lorsqu'il est projeté? »

Imaginons une balle hétérogène dont le centre de gravité ne coïncide pas avec le centre de figure; laissons-la tomber en plaçant en haut la partie la plus lourde. Dans sa chute, la balle pirouettera de telle sorte que la partie la plus lourde devienne la plus basse.

Un effet semblable se produira si on lance la balle latéralement; celle-ci s'orientera de telle manière que la partie qui marche en avant soit celle qui contient le centre de la gravité *ex violentia,* lequel coïncide précisément avec le centre de gravité naturelle.

Or, dans cette exposition, nous reconnaissons certaines opinions chères à Léonard. D'une part, en effet, en maint passage de ses notes, Léonard répète cet adage : « Quand un corps tombe, la partie la plus lourde se fait guide de sa chute. » D'autre part, nous lisons dans ses manuscrits[1] : « Ce qui est le plus loin de celui qui le cause, est ce qui est le plus pesant, attendu que c'est la partie du boulet qui va devant, et qu'elle se trouve sur une ligne passant par l'endroit qui l'a poussé et par le centre du poids et de la fuite; et se trouvant ainsi également au milieu de ces deux puissances, elle en subit une égale action... »

Le *centre de la fuite,* dont il est ici question, est visiblement ce que Baldi nomme le *centre de la violence;* pour Léonard de Vinci comme pour Baldi, il coïncide avec le *centre du poids* ou *centre de la gravité naturelle.*

Nous pourrions multiplier ces rapprochements entre la Dynamique de Léonard et la Dynamique de Baldi; nous pourrions, en particulier, montrer comment ces deux auteurs analysent d'une manière toute semblable[2] le rebondissement d'une balle qui a frappé un mur. Mais ce que nous avons dit suffit, pensons-nous, à prouver cette vérité : Les doctrines

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 44, recto; cf. fol. 44, verso.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; ms. F. de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 22, recto. — Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes,* p. 183.

exposées au sujet du mouvement par Bernardino Baldi ont été tirées, en très grande partie, des notes de Léonard de Vinci.

Dans une prochaine étude, nous verrons quelle influence ont exercée sur la Dynamique actuelle ces théories du mouvement empruntées par Baldi à Léonard.

Mais, dès maintenant, les études que nous avons poursuivies jusqu'ici autorisent une première conclusion : L'analyse des théorèmes de Villalpand, des *Exercitationes* de Bernardino Baldi nous ont prouvé jusqu'à l'évidence que les intuitions scientifiques de Léonard de Vinci n'étaient nullement demeurées enfouies dans l'oubli jusqu'à l'époque où Venturi les exhuma ; les géomètres du XVIe siècle en eurent connaissance et, par de nombreux emprunts, trop semblables à des plagiats, ils les lancèrent dans la circulation générale des doctrines scientifiques.

Déjà, la comparaison entre les écrits d'Albert de Saxe et ceux de Léonard nous avait montré que Léonard n'était nullement l'autodidacte que l'on s'est plu, bieu souvent, à voir en lui ; nous avions reconnu que ses intuitions, même les plus novatrices et les plus audacieuses, avaient été suggérées et guidées par la science du Moyen-Age. Léonard ne nous apparaît donc plus comme un génie isolé dans le temps, sans lien avec le passé comme avec l'avenir, sans ancêtres intellectuels comme sans postérité scientifique ; nous voyons sa pensée se nourrir des sucs de la science des siècles précédents pour féconder à son tour la science des siècles futurs ; maillon admirablement solide et brillant, il reprend sa place dans la chaîne de la tradition scientifique.

IV

BERNARDINO BALDI
ROBERVAL ET DESCARTES

BERNARDINO BALDI
ROBERVAL ET DESCARTES

I

Une opinion de Bernardino Baldi touchant les mouvements accélérés.

En butinant quelques unes des intuitions de Léonard de Vinci pour en enrichir son œuvre de mécanicien, Bernardino Baldi[1] a rendu à la pensée du grand peintre le plus signalé des services. Sans cet heureux larcin, tout ce que cette pensée si riche renfermait de neuf et de fécond fût demeuré ignoré et inutile; en la plagiant, l'abbé de Guastalla l'a publiée; il a ramené ses eaux fertilisantes au courant de la Science qui s'en est trouvé grandement accru et accéléré.

Suivons ce courant et voyons quelles découvertes vont germer sous la bienfaisante influence des idées de Léonard, transmises par Baldi.

Distinguer ce que la Mécanique du XVIIe siècle doit à Baldi, le séparer de ce qu'elle tient d'autres auteurs ne sera pas toujours chose aisée. Baldi n'a point marqué ce qu'il prenait à Léonard; à son exemple, ceux qui vont s'inspirer de lui s'empresseront de cacher la source à laquelle ils auront puisé; seul, l'honnête Père Mersenne prononcera son nom.

Une minutieuse enquête, semblable à celle qui nous a permis de retrouver la marque de Léonard sous la signature de Baldi ou de Villalpand, nous permettra seule de rendre à Baldi cer-

1. Voir notre précédente étude sur *Léonard de Vinci et Bernardino Baldi*.

taines affirmations que nous lirons dans les écrits de Roberval ou de Descartes.

Cette enquête nous sera parfois facilitée par la connaissance de certaine opinion admise par l'abbé de Guastalla. L'opinion dont nous voulons parler nous semble, en effet, tout à fait propre et personnelle au savant érudit; mais pour en marquer avec précision les caractères, pour montrer à quel point ils différencient la pensée de Baldi des pensées de ses prédécesseurs, il nous faut remonter assez haut dans le passé, jusqu'à cette Mécanique du Moyen-Age, source de notre Science moderne.

La Dynamique Aristotélicienne a légué à la Dynamique du XIIIe siècle deux affirmations qui, jusqu'aux temps modernes, furent considérées comme deux propositions également incontestables, comme deux lois expérimentales tellement appuyées sur les faits qu'elles ne pussent livrer au doute la moindre prise; et cependant, tandis que la première de ces deux affirmations pose une grande vérité, la seconde énonce une très grave erreur.

Voici la première de ces affirmations : *Un grave qui tombe librement descend de plus en plus vite.* Et voici la seconde qui, pendant si longtemps, bénéficia, comme la première, du consentement universel : *La vitesse d'un projectile qu'un moteur vient de lancer commence par croître; au bout d'un certain temps, elle passe par un maximum, puis diminue et s'annule.*

Accélération de la chute libre des graves, accélération initiale du mouvement des projectiles, cette vérité et cette erreur se donnaient, au même titre, comme des traductions fidèles des faits d'expérience; elles bénéficiaient également de l'autorité d'Aristote[1]; elles étaient l'objet d'explications analogues.

Parmi ces explications, laissons de côté celles qui sont antérieures au XIIIe siècle[2] et arrivons de suite à saint Thomas d'Aquin.

1. La soi-disant accélération du mouvement des projectiles est affirmée par Aristote, Περί Οὐρανοῦ, B, ς (Livre II, ch. VI).

2. Au sujet de ces explications, voir : P. Duhem, *De l'accélération produite par une force constante; notes pour servir à l'histoire de la Dynamique.* (Mémoire présenté au Congrès d'Histoire des Sciences. — *Comptes rendus du 2e Congrès de Philosophie,* p. 859; Genève, 1904.)

Avec Aristote et ses plus fidèles commentateurs, saint Thomas admet que le mouvement du projectile, séparé de l'instrument qui l'a lancé, est entretenu par le mouvement de l'air ambiant; il est naturel qu'il demande au mouvement de cet air d'expliquer la soi-disant accélération initiale du projectile; aussi est-ce ce qu'il fait : « Lorsqu'une grande quantité d'air a été agitée, dit-il[1], c'est-à-dire au milieu du mouvement du projectile, ce mouvement est plus rapide qu'au commencement, alors que la quantité d'air ébranlée est petite; il est aussi plus rapide qu'à la fin, alors que l'impression communiquée par l'instrument projetant commence à s'affaiblir. »

A l'époque où saint Thomas d'Aquin propose cette explication de la prétendue accélération des projectiles, un disciple de Jordanus de Nemore dont le nom nous est inconnu donne, en son traité *De ponderibus*[2], une explication analogue de la chute accélérée des graves. Voici, en effet, ce qu'a écrit cet auteur :

« Une chose grave se meut d'autant plus rapidement qu'elle descend plus longtemps. Ceci est plus vrai dans l'air que dans l'eau, car l'air est propre à toutes sortes de mouvements. Donc un grave qui descend tire, en son premier mouvement, le fluide qui se trouve derrière lui et met en mouvement le fluide qui se trouve en dessous, à son contact immédiat; les parties du milieu ainsi mises en mouvement meuvent celles qui les suivent, de telle sorte que celles-ci, déjà ébranlées, opposent un moindre obstacle au grave qui descend. Par le fait, celui-ci devient plus grave et donne une plus forte impulsion aux parties du milieu qui cèdent devant lui, au point que celles-ci ne sont plus simplement poussées par lui, mais qu'elles le tirent. Il arrive ainsi que la gravité du mobile est aidée par

1. Sancti Thomæ Aquinatis *Opera omnia* jussu impensaque Leonis XIII, P. M., edita; tomus III, Commentaria in libros de Caelo et Mundo, lib. II, cap. VI, lect. VIII, p. 150.

2. De ce traité, la Bibliothèque Nationale possède deux exemplaires manuscrits, tous deux du XIIIe siècle (fonds latin, ms. 8680 A et ms. 7378 A). Il a été imprimé au XVIe siècle, d'une manière extrêmement défectueuse, sous ce titre : Jordani *Opusculum de ponderositate* Nicolai Tartaleæ studio correctum novisque figuris auctum. Venetiis, apud Curtium Trojanum, MDLXV. Nous avons dit, dans nos recherches sur *Les origines de la Statique* (ch. VII), de quelle importance avait été ce traité pour l'évolution de la Statique.

leur traction et que, réciproquement, leur mouvement est accru par la gravité, en sorte que ce mouvement accroît continuellement la vitesse du grave. »

Pareille explication de la chute accélérée des graves ne pouvait manquer de satisfaire ceux qui attribuaient aux mouvements de l'air l'entretien du mouvement d'un projectile. Aussi voyons-nous, en la première moitié du XIVe siècle, Walter Burley[1] et Jean de Jandun[2] souscrire à cette théorie.

Ces explications, admises par Burley, par Jean de Jandun, ne seront naturellement pas acceptées par les physiciens qui attribuent la continuation du mouvement du projectile à une *gravité accidentelle*, à un *impetus impressus*.

Déjà Burley nous avait avertis que « certains prétendent que le grave, en descendant, acquiert continuellement une nouvelle gravité accidentelle, qu'il devient ainsi continuellement de plus en plus grave et, par conséquent, qu'il se meut continuellement de plus en plus vite ». Cette opinion est celle à laquelle se rallie nettement Albert de Saxe; à la fin de la *Question*[3] sur les *Physiques* d'Aristote où, si nettement, il formule la doctrine de l'*impetus impressus* et l'oppose à la théorie aristotélicienne, il s'exprime en ces termes : « On peut expliquer de la même manière pourquoi le mouvement naturel est plus rapide à la fin qu'au commencement; il faut dire à ce sujet que le mobile animé du mouvement naturel acquiert une certaine aptitude à ce mouvement et cette aptitude acquise, en s'unissant à la gravité, meut plus rapidement le mobile. »

Cette doctrine, Albertutius l'avait déjà formulée en la seconde partie de son *Tractatus proportionum ;* il l'expose surtout en

1. Burleus. *Super octo libros Physicorum*, lib. VIII, fol. 227, col. c. Colophon : Et in hoc finitur expositio excellentissimi philosophi Gualterii de Burley Anglici in libros octo de physico auditu Aristotelis Stagerite *(sic)*, emendata diligentissime, impressa arte et diligentia Boneti Locatelli Bergomensis, sumptibus vero et expensis nobilis viri Octaviani Scoti Modoetiensis... Venetiis, anno Salutis nonagesimoprimo supra millesimum et quadringentesimum, quarto nonas Decembris.

2. Joannis de Janduno *In libros Aristotelis de Cœlo et Mundo quæstiones subtilissimæ*, quibus nuper consulto adjecimus Averrois sermonem de substantia orbis cum ejusdem Joannis commentario et quæstionibus... Venetiis, apud Hieronymum Scotum, 1552. Quæstio XIX, fol. 32, col. d.

3. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de physica auscultatione :* in librum VIII quæstio XIII. — Cf. : Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo*, lib. III, quæstio XII.

une question sur le *De Coelo*[1]; question admirable, où il entrevoit la loi de l'inertie et son application au mouvement des astres; où il examine si la vitesse de chute des graves croît proportionnellement au temps écoulé; où il se demande, comme tant d'autres physiciens l'admettront après lui, comme Galilée lui-même l'admettra pendant quelque temps, si cette vitesse croît proportionnellement à l'espace écoulé; où, enfin, il rejette ces lois qui feraient croître la vitesse au delà de toute limite avec le temps écoulé ou avec l'espace parcouru, pour en adopter une qui la fasse tendre vers une limite finie.

En cette question, Albert s'exprime en ces termes : « Il est une autre opinion au sujet de l'accélération du mouvement naturel, et c'est cette opinion que j'approuve. Selon cette opinion, il faut imaginer qu'un grave qui tombe acquiert, outre sa gravité naturelle, un certain *impetus* ou gravité accidentelle; cette gravité accidentelle vient en aide à la gravité naturelle pour animer le grave d'un mouvement plus rapide... Lorsque le corps tombe pendant un temps de plus en plus long, il acquiert un *impetus* de plus en plus grand et, par conséquent, il se mouvrait de plus en plus vite si la résistance, croissant plus vite que l'*impetus* acquis, n'y mettait obstacle. »

Albert de Saxe admet donc, au sujet de la chute accélérée des graves, l'opinion que Walter Burley rejetait; quant à la prétendue accélération du mouvement d'un projectile après qu'il a quitté son moteur, nous ne voyons pas qu'il en ait fait mention dans ses écrits. Gaëtan de Tiène qui, au milieu du xve siècle, reproduit[2] presque exactement l'argumentation d'Albert de Saxe en faveur de l'*impetus impressus*, n'hésite pas à nier cette soi-disant accélération : « Bien loin de se

1. *Questiones subtilissime* Alberti de Saxonia *in libros de celo et mundo.* Colophon : Expliciunt questiones... Impresse autem Venetiis arte Boneti de Locatellis Bergomensis. Impensa vero nobilis viri Octaviani Scoti civis modoetiensis. Anno salutis nostre 1492. Nono Kalen novembris. Ducante inclito principe Augustino Barbadico. Libri II quæstio XIIII. Cette question capitale n'a pas été reproduite par Georges Lokert dans les deux éditions du même ouvrage qu'il a données à Paris, en 1516 et 1518.

2. *Recollecte* Gaietani *super octo libros Physicorum cum annotationibus textuum*, fol. 50, col. d, fol. 51, col. a. Colophon : Impressum est hoc Venetiis per Bonetum Locatellum jussu et expensis nobilis viri Octaviani Scoti civis Modoetiensis, anno salutis 1496, nonis sextilibus.

mouvoir plus rapidement à quelque distance de l'arc, la flèche se meut plus lentement. »

Les historiens de Léonard ont souvent signalé son caractère hésitant; difficilement, il s'arrêtait à un ferme parti, parce qu'il en reconnaissait, avec trop de clairvoyance, les points faibles et les défauts. De cette continuelle perplexité, ses idées en Dynamique offrent un nouvel exemple.

Au sujet des principes de cette science, il avait lu et médité tous les écrits dont il avait eu communication, aussi bien ceux de saint Thomas d'Aquin que ceux d'Albert de Saxe; voici une note qui nous en apporte le témoignage[1] :

« *Du mouvement en général.* Quelle chose est la cause du mouvement. Quelle chose est le mouvement en soi. Quelle chose est celle qui est le plus apte au mouvement. Quelle chose est l'*impeto;* quelle chose est la cause de l'*impeto* et du milieu où elle se crée. Quelle chose est la percussion; quelle chose est sa cause. Quelle chose est le rebondissement. Quelle chose est la courbure du mouvement droit et sa cause.

» Aristote, 3e de la Physique, et Albert, et Thomas, et les autres; sur le rebondissement, dans le 7e de la Physique. *De Cœlo et Mundo.* »

Entre les Écoles adverses, Léonard n'a pu se décider à faire un choix exempt de tout partage; il ne s'est point résolu à suivre l'École de saint Thomas d'Aquin qui attribue toutes les particularités du mouvement du mobile à l'agitation de l'air ambiant; il n'a point, non plus, donné son entière adhésion à l'École d'Albert de Saxe qui, pour rendre compte de ces particularités, invoque seulement l'*impetus*.

Entre ces doctrines opposées, c'est une sorte de moyen terme et, pour tout dire, de cote mal taillée, qu'adopte Léonard de Vinci. Avec Albert de Saxe, il attribue le mouvement du projectile qui a quitté son moteur à l'*impeto,* à la *forza,* à la *gravité accidentelle* dont, à maintes reprises, il affirme l'existence et définit les caractères; mais avec saint Thomas d'Aquin,

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. I de la Bibliothèque de l'Institut. fol. 130 [82], verso.

il explique par l'agitation de l'air ambiant tous les phénomènes d'accélération, vrais ou supposés.

C'est saint Thomas d'Aquin qui inspire à Léonard de Vinci le passage suivant[1] :

« *Le milieu du chemin direct fait par des corps pesants qui traversent l'air par un mouvement violent est de plus grande puissance et de plus grande percussion, sur l'obstacle qu'ils rencontrent, qu'aucune autre partie de ce parcours.*

» La raison de ceci est que quand le poids part, de par la force de son moteur, il trouve, bien que ce départ soit au premier degré de sa puissance, l'air sans mouvement et, par suite, au premier degré de sa résistance; et, bien que l'air offre une somme de résistance plus grande que n'est la force du poids qui y est poussé, néanmoins, le poids n'agissant que sur une petite partie de l'air, arrive à en rester vainqueur; il chasse donc l'air de sa place et, en le chassant, est un peu empêché dans sa propre vitesse. Cet air étant donc poussé, en pousse et chasse d'autre, en produisant derrière lui des mouvements circulaires dont le poids qui se meut en lui est toujours centre; les cercles ainsi formés étant semblables à ceux qui se font dans l'eau avec l'endroit frappé par la pierre pour centre. Chaque cercle en chassant ainsi un autre, tout l'air qui se trouve devant son moteur sur la même ligne que lui se trouve préparé au mouvement, mouvement qui s'accroît d'autant que le poids qui chasse l'air s'approche davantage; par suite, le poids trouvant moins de résistance dans l'air, double la vitesse de sa course; de même que la barque menée dans l'eau, laquelle se meut avec difficulté dans le premier mouvement, bien que son moteur soit dans sa plus puissante force; mais quand l'eau, avec des ondes arquées, commence à prendre mouvement, la barque, suivant ce mouvement, trouve une faible résistance et, dès lors, se meut avec facilité... »

Léonard a formulé à plusieurs reprises[2], avec une grande

1. *Les Manuscrits* de Léonard de Vinci; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 43, verso.

2. Cf. P. Duhem, *De l'accélération produite par une force constante; notes pour servir à l'histoire de la Dynamique* (*Comptes rendus du 2e Congrès de Philosophie*, p. 859; Genève, 1904),

netteté, la loi de l'accélération uniforme de la chute des graves. Cette accélération, d'ailleurs, il en rendait raison comme le faisait, dès le XIIIe siècle, un mécanicien de l'École de Jordanus, dont Léonard paraît s'être fréquemment inspiré, et plus tard, Walter Burley et Jean de Jandun.

« *La gravité qui descend libre*, dit-il[1], *acquiert à chaque degré de mouvement un degré de poids.* Ceci naît par la deuxième du premier qui dit que *le corps sera plus grave qui aura une moindre résistance.* En cas de la descente libre des corps graves, on voit manifestement, par l'expérience déjà alléguée de l'onde de l'eau, que l'air fait la même onde sous la chose qui descend, parce qu'il se trouve poussé et, de l'autre côté, attiré, c'est-à-dire qu'il fait une onde tournante qui aide à pousser en bas. A présent, pour ces raisons-là, l'air qui fuit en avant du poids qui le chasse montre manifestement qu'il ne lui résiste pas et, par conséquent, qu'il n'empêche pas ce mouvement; dès lors, plus descend l'onde qui va plus vite que la gravité qui la meut, plus dure le mouvement de cette gravité; plus la dernière onde s'en éloigne et d'autant plus elle prépare l'air qui touche le poids à une facile fuite. »

Au XVIe siècle, les mécaniciens se divisent presque tous entre deux partis.

Les uns suivent la tradition de Walter Burley; à l'agitation de l'air, ils attribuent non seulement l'entretien du mouvement des projectiles, mais encore l'accélération de la chute des graves; c'est parmi ceux-ci qu'il convient de ranger le cardinal Gaspard Contarini et le jésuite Benedictus Pererius.

Les autres sont nettement les disciples d'Albert de Saxe. Au premier rang de ceux-ci, plaçons Jules-César Scaliger. Non content de développer avec force les arguments d'Albert de Saxe en faveur de l'existence de l'*impetus*, Scaliger, dans ses *Exercitationes adversus Cardanum*, explique avec beaucoup de netteté comment une gravité persistante engendre à chaque instant un nouvel *impetus* au sein d'un grave qui tombe et comment cet *impetus* de plus en plus intense détermine une

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 31, verso.

chute accélérée. La même pensée se trouve exprimée plus tard, avec non moins de clarté, par Jean-Baptiste Benedetti.

Entre ces deux Écoles, à l'exemple de Léonard de Vinci, dont il paraît bien avoir éprouvé la puissante influence, Cardan prend un moyen terme. Il admet que le projectile est mû par un *impetus acquisitus :* « Et quand on suppose[1] que tout ce qui est mouvé l'est de quelque chose, ce est très vrai; mais ce qui mouve, c'est une impétuosité acquise, ainsi que la chaleur en l'eau, qui est induite en l'eau par le feu outre nature, et toutefois quand le feu est osté, l'eau brule la main de celui qui la touche. »

Mais cet *impetus acquisitus* ne peut rendre compte de l'accélération qu'éprouve un projectile après qu'il a quitté son moteur. Cette accélération, Cardan, comme Aristote, en admet la réalité et il l'explique[2] comme l'ont fait saint Thomas d'Aquin et Léonard de Vinci : « Car l'air au commencement n'aide point le mouvement, sinon que bien peu ; par succession de temps, le mouvement naturel de l'air, comme il est mouvé, est fait plus valide;... pourquoi par lui mesme il est nécessaire la célérité du mouvement estre augmentée. »

Cette action accélératrice de l'air ébranlé, Cardan l'a étudiée à plusieurs reprises; dans un de ses derniers ouvrages, l'*Opus novum de proportionibus*[3], il l'a décomposée, comme Léonard l'avait fait avant lui, en deux autres actions : une traction de l'air condensé à l'avant du mobile et une impulsion du fluide qui vient, en tourbillonnant, occuper la place que le projectile laisse vide derrière lui. « Il résulte évidemment de là qu'en tout mouvement, soit naturel, soit violent, il se fait un certain accroissement de vitesse depuis le début du mouvement jusqu'à un certain instant. C'est pourquoi les machines de guerre de tout genre exigent une certaine distance pour que leur coup

1. *Les livres* de Hiérome Cardanus, médecin Milannois, *intitulés de la subtilité et subtiles inventions, ensemble les choses occultes et raisons d'icelles*, traduis de latin en françois par Richard le Blanc; Paris, Charles l'Angelier, MDLVI; p. 47, verso.

2. Cardan, *loc. cit.*, p. 48, verso.

3. Hieronymi Cardani Mediolanensis, civisque Bononiensis, philosophi, medici et mathematici clarissimi, *Opus novum de proportionibus numerorum, motuum, ponderum, sonorum, aliarumque rerum mensurendarum, non solum geometrico more stabilitum, sed etiam variis experimentis et observationibus rerum in natura solerti demonstratione illustratum, ad multiplices usus accomodatum, et in V libros digestum;* Basileæ, ex officina Henricpetrina, Anno Salutis MDLXX, mense Martio: lib. V, prop. XXX.

atteigne sa plus grande violence. » C'est donc à l'action accélératrice de l'air ambiant que l'on doit attribuer[1] la vitesse croissante du mouvement naturel par lequel un grave tombe à terre; sur ce point, comme sur tant d'autres, Cardan se range à l'opinion de Léonard de Vinci.

Comme Léonard et Cardan, Tartaglia admet qu'un projectile accélère d'abord sa course et il attribue cette accélération à une action de l'air mis en branle. Cette action lui sert à répondre à une question[2] posée par le Signor Gabriel Tadino di Martinengo, chevalier de Rhodes et prieur de Barletta : « *Le Prieur :* Si l'on tire une même pièce d'artillerie deux fois coup sur coup, avec une même hausse, vers un même but et avec deux charges égales, les deux tirs seront-ils égaux? — *Tartaglia :* Sans aucun doute, ils seront inégaux; le second coup portera plus loin que le premier. — *P.* Pour quelle raison? — *T.* Pour deux raisons. La première est que, lors du premier tir, le boulet a trouvé l'air en repos, tandis que, lors du second tir, il le trouve non seulement tout ébranlé par le boulet lancé au premier tir, mais encore tendant fortement, courant au lieu vers lequel on tire. Or, il est plus facile de mouvoir et de pénétrer une chose déjà mue et pénétrée qu'une chose qui est en repos et en équilibre. Par conséquent, la balle tirée la seconde fois, rencontrant un moindre obstacle à son mouvement que la première, ira plus loin que celle-ci... »

Tartaglia empruntait peut-être ces raisonnements à quelqu'une des notes laissées par Léonard de Vinci; peut-être aussi les avait-il conçus en lisant le traité *de Ponderibus* écrit, au XIIIe siècle, par ce mécanicien de l'École de Jordanus que nous avons nommé le Précurseur de Léonard de Vinci. On peut le croire d'autant plus volontiers qu'au septième livre des *Quesiti et inventioni diverse,* Tartaglia a plagié l'œuvre statique de ce géomètre avec une impudence que Ferrari lui a durement

1. Cardan, *Opus novum de proportionibus,* lib. V, prop. XXXI.

2. *Quesiti et inventioni diverse di* Nicolo Tartalea. Vinegia, Vent. Ruffinelli, ad instantia et requisitione et a propria spese de Nic. Tartalea Brisciano autore; MDXLVI. *Il primo libro delli quesiti et inventioni diverse di Nicolo Tartaglia, sopra gli tiri delle artiglierie, et altri suoi varii accidenti.* Libro primo. Quesito quarto. — Cf. Libro secondo. Quesito primo.

reprochée; on sait également que le traité de ce géomètre fut publié par Curtius Trojanus, d'après un manuscrit que lui avait légué Tartaglia.

Autant et plus que Cardan, Bernardino Baldi s'est nourri de la pensée de Léonard de Vinci. Les notes de Léonard de Vinci ne sont cependant pas les seuls écrits dont il se soit inspiré; il en cite, qu'il a lus, et, parmi ceux-ci, il mentionne à plusieurs reprises le commentaire aux *Questions mécaniques* d'Aristote qui a été composé par Alexandre Piccolomini[1].

Or, en ce qui concerne la cause du mouvement des projectiles, Alexandre Piccolomini se montre disciple très exact d'Albert de Saxe; il attribue à un *impetus* communiqué par le moteur non seulement l'entretien du mouvement du projectile après qu'il a quitté ce moteur, mais encore la chute accélérée produite par une gravité permanente.

Cette doctrine, Piccolomini l'expose, en même temps que toute sa théorie du mouvement violent, dans son XXXVIIe chapitre, consacré à l'examen de la trente-deuxième question d'Aristote :

« Il faut remarquer, » dit-il, « qu'il y a deux sortes de gravités ou pesanteurs : l'une qui a sa source dans la nature même du corps; l'autre, superficielle, que les Grecs nomment ἐπιπόλαιαν. Celle-ci n'est point autre chose qu'un certain *impetus* non permanent, qui peut ou bien s'acquérir dans le corps même, mû par sa propre tendance *(qui vel acquiritur in re ipsa ex suo nutu mota)*, ou bien être imprimé par un moteur mouvant violemment.

» En effet, lorsqu'une pierre tend vers le bas, elle devient sans cesse plus rapide, parce que sans cesse, par suite du mouvement, elle acquiert une plus grande pesanteur (j'entends parler de la pesanteur superficielle)... »

Baldi, qui cite avec éloge[2] le passage où Alexandre Piccolomini a exposé ses idées au sujet de la Dynamique, admet toutes ces idées. Il admet[3] qu'« en un grave qui tombe, il y a deux

1. Alexandri Piccolominei *In mechanicas quæstiones Aristotelis paraphrasis paulo quidem plenior,* ad Nicolaum Ardinghellum Cardinalem amplissimum. Excussum Romæ, apud Antonium Bladum Asulanum, MDXLVII.

2. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes,* p. 180.

3. Bernardino Baldi, *loc. cit.*, p. 129.

pesanteurs, savoir la pesanteur naturelle et une pesanteur acquise au mobile par le fait même de son mouvement. Aussi plus ce mouvement est prolongé, plus haut, par exemple, est le lieu d'où tombe le grave, plus est grande cette pesanteur accidentelle engendrée par un plus grand mouvement ».

Piccolomini n'a point parlé du prétendu accroissement de vitesse qu'éprouverait une flèche après qu'elle a quitté l'arc; en cela, il s'est conformé à une tradition constante dans l'École d'Albert de Saxe; ou bien les physiciens de cette École ne font aucune allusion à cette soi-disant accélération, ou bien même, comme Gaëtan de Tiène, ils en nient la réalité.

Baldi rompt avec cette tradition. Léonard de Vinci, dont il a si fréquemment suivi la pensée, a trop nettement insisté sur la prétendue accélération initiale du projectile séparé de son moteur pour qu'il lui vienne à la pensée de négliger ou de nier cette accélération; et cependant, il ne veut point, avec saint Thomas d'Aquin, Léonard et Cardan, l'expliquer par l'ébranlement du milieu.

Il admettra donc la réalité de cette accélération et il l'interprétera en imitant l'explication qu'Albert de Saxe et Piccolomini ont donnée de la chute accélérée des graves. La gravité accidentelle imprimée par le moteur au projectile est fort analogue à la gravité naturelle; de même que celle-ci produit une chute accélérée, de même celle-là déterminera un mouvement accéléré. Toutefois, une différence sera à signaler : la gravité naturelle est persistante; aussi la chute qu'elle détermine s'accélère-t-elle sans cesse. Au contraire, la gravité accidentelle, née de la violence, est périssable; le mouvement qu'elle régit commencera donc par s'accélérer, mais au bout de quelque temps il se ralentira et prendra fin de lui-même.

« Les projectiles cessent de se mouvoir[1], car l'impression dont la vertu et l'impétuosité les entraîne n'est point naturelle, mais purement accidentelle et violente; or, rien de ce qui est accidentel et violent, rien de ce qui est hors nature,

1. Bernardino Baldi, *loc. cit.*, p. 179.

n'est perpétuel. Cette impression accidentelle s'évanouit donc, et tandis qu'elle s'évanouit graduellement, le mouvement du projectile se ralentit et le mobile finit par atteindre l'immobilité absolue. Ajoutons une remarque que beaucoup d'auteurs ne font point : tant que la violence prédomine, le mouvement violent est tout semblable au mouvement naturel; il est plus lent à son début; puis, par le fait même du mouvement, il devient plus rapide; ensuite, comme la violence imprimée s'affaiblit peu à peu, il se ralentit; enfin le mouvement s'évanouit en même temps que l'*impetus* et le mobile tombe au repos. Aussi l'expérience nous enseigne-t-elle que le coup porté par un projectile devient plus violent à quelque distance du point de départ de son mouvement; ce coup est nuisible au maximum lorsque le projectile, ayant acquis la plénitude de son mouvement, est animé de sa plus grande vitesse. Voilà pourquoi nous voyons les enfants, instruits par la nature, se placer à quelque distance d'un mur lorsqu'ils veulent briser des noix ou quelque autre chose en les lançant contre ce mur; si vous leur demandez pourquoi ils s'y prennent de la sorte, ils vous diront qu'à cette distance le coup devient plus vigoureux et plus efficace. »

L'idée que Baldi exprime en ce passage est étrange et peu logique; si l'on peut admettre que la gravité naturelle, qui est un moteur permanent, crée à chaque instant un nouvel *impetus*, on n'en saurait conclure que la gravité artificielle, c'est-à-dire l'*impetus* imprimé au projectile par le moteur, engendre à son tour un *impetus* de second ordre; visiblement, Baldi s'est laissé entraîner par l'analogie entre la gravité naturelle et la gravité accidentelle jusqu'à des corollaires inacceptables; que nul, avant lui, n'ait formulé ces corollaires, ainsi qu'il le donne à entendre, nous ne saurions nous en étonner.

Mais que cette théorie, assez étrange, porte la marque, très profondément gravée, de Bernardino Baldi, c'est particularité très précieuse pour l'historien; elle lui permet en effet de reconnaître, en des écrits plus récents, l'influence qu'ont exercée les doctrines de l'érudit abbé de Guastalla.

II

Bernardino Baldi et le P. Mersenne.

Les doctrines professées, au sujet de la Dynamique, par Bernardino Baldi ont exercé une très profonde influence sur les recherches des géomètres qui, vers la fin du règne de Louis XIII et au début du règne de Louis XIV, ont contribué au progrès de cette science. Mersenne, Roberval, Descartes ont recueilli les idées de Baldi; quelques-unes de ces idées ont germé en leur esprit et y ont produit d'amples théories.

Que Mersenne ait connu les *Exercices* composés par Bernardino Baldi sur les *Questions mécaniques* d'Aristote, nous le savons par son propre témoignage. Contrairement à un usage trop répandu au XVIe siècle et au XVIIe siècle, le probe et loyal Minime nomme volontiers les auteurs qu'il a lus et dont il s'est inspiré.

C'est en ses *Questions théologiques, physiques, morales et mathématiques*, imprimées en 1634[1], que le P. Mersenne fait mention des *Exercices* de Bernardino Baldi.

La question IX, examinée par Mersenne, est formulée en ces termes : *Peut-on donner la raison de tout ce qui arrive à la romaine et aux balances ?* C'est en répondant à cette question que le laborieux religieux écrit[2] ces lignes :

« Il faut donc conclure que les poids peuvent estre rendus pesans en les éloignant dudit point de la balance, et plus légers en les en approchant; que la capacité, et la puissance qu'ils ont à faire plus de chemin ou à descendre plus viste, est cause de leur plus grande pesanteur; que tous les instruments de la Mechanique, dont parle Aristote dans ses Questions, et Balde, Blancan, Monantolius, et Gueuare dans leurs Commentaires, tirent leurs forces de ces raisons. »

1. *Les Questions théologiques, physiques, morales et mathématiques,* où chacun trouvera du contentement, ou de l'exercice. Composées par L. P. M. à Paris, MDCXXXIV. Chez Henry Guenon, ruë sainct Jacques, près les Jacobins, à l'image sainct Bernard.

2. Mersenne, *loc. cit.*, pp. 37-38.

Mersenne, d'ailleurs, a fait d'assez larges emprunts aux *Exercitationes* de Baldi. La Question VIII : *Quelle est la ligne de direction qui sert aux méchaniques ?* en est presque textuellement extraite. En cette question, nous apprenons combien il est utile, pour rendre compte des diverses attitudes de l'homme, de considérer la verticale issue du centre de gravité. Déjà en 1626, dans son *Synopsis mathematica*, Mersenne avait produit des considérations semblables; il les extrayait alors du volumineux ouvrage du P. Villalpand. Il les demande maintenant, on le reconnaît sans peine, non plus au savant Jésuite, mais à l'érudit abbé Guastalla; l'un et l'autre, d'ailleurs, lui transmettent, à peine modifiées, les intuitions de Léonard de Vinci.

Parmi les vues de Léonard de Vinci que Bernardino Baldi a transmises à Mersenne, il en est que Villalpand n'avait pas recueillies, telle la notion du centre de la gravité accidentelle, au sujet duquel le Minime s'exprime en ces termes[1] :

« D'où il est aisé de conclure que le point, dont les corps sont suspendus, se rencontre toujours dans la ligne de direction. Mais il faut remarquer que cette ligne a 3 sortes de points, à sçavoir le supérieur, l'inférieur, et celui du milieu, qui concurre avec le centre de pesanteur; et que chaque corps peut estre suspendu par l'un de ces 3 points, que l'on appelle pour ce sujet, *points de rétention, et de suspension,* autour desquels le corps se peut mouvoir. L'on peut encore les nommer centres de violence, ou du mouvement violent, lors qu'on lève un corps pesant, ou qu'on le jette en haut, ou en bas, car la pierre jettée en bas est portée par ces 2 centres, ou par un mesme centre, lequel est double en puissance. L'on peut aussi mettre un centre de légèreté dans les corps légers, mais ils ne sont pas dans la puissance de nostre Mechanique, comme est celuy de pesanteur. »

Ce passage, que d'évidentes omissions, que des lapsus faciles à corriger rendent quelque peu confus, est presque une traduction des *Exercices* de Bernardino Baldi. Il nous montre que la notion de *centre de violence* avait attiré l'attention de Mersenne.

1. Mersenne, *loc. cit.*, p. 34.

Or, attirer l'attention de Mersenne, c'était, par le fait même, attirer l'attention de tous les géomètres français; tous, en effet, entretenaient un commerce assidu avec l'actif et curieux Minime; celui-ci ne cessait de leur communiquer ce qu'il avait appris par la lecture des savants étrangers et de leur soumettre les problèmes que cette lecture lui suggérait. Nous ne nous étonnerons donc pas de voir les idées de Bernardino Baldi connues de Roberval, qu'une étroite amitié liait à Mersenne, et de Descartes, dont la correspondance avec le Minime était incessante.

Mais ni Roberval ni Descartes n'avaient pris de leur religieux ami la loyale coutume de citer les auteurs dont ils s'inspiraient; Roberval, en ses écrits, ne nommait guère que les auteurs auxquels il ne devait rien; et si Descartes, en sa correspondance, mentionnait quelque géomètre, c'était le plus souvent pour entamer avec lui une discussion qui prenait bientôt le ton d'une querelle ou pour le condamner par un jugement hautain et tranchant.

Ne cherchons donc point dans les écrits de Roberval et de Descartes l'aveu de ce qu'ils ont pu emprunter à Bernardino Baldi; cherchons plutôt, parmi leurs pensées, celles qui portent la marque, encore reconnaissable, de l'abbé de Guastalla.

III

Bernardino Baldi et Roberval.

Roberval avait rédigé à l'usage, semble-t-il, des artisans, un petit traité de Mécanique et d'Hydraulique qu'il avait intitulé : *Traicté de Méchanique et spécialement de la conduitte et élévation des eaux, par M. de Roberval.* Cet ouvrage ne fut jamais imprimé; une copie manuscrite, conservée à la Bibliothèque Nationale[1] avec les copies d'autres ouvrages du même auteur, nous l'a seule gardé.

1. Bibliothèque Nationale, fonds latin, ms. 7226, fol. 85, recto, à fol. 207, verso.

Ce traité de Mécanique n'est pas daté. Il en est de même, d'ailleurs, de plusieurs des pièces avec lesquelles il se trouve; celles de ces pièces dont la date est connue appartiennent à des époques diverses; il en est de 1636, d'autres de 1645.

Un passage de ce traité nous donne une indication au sujet de l'époque où il fut composé. Parlant de l'élévation des eaux au moyen du « syphon », Roberval s'exprime en ces termes[1] :

« Et quoyque par ce moyen il semble qu'on peut faire passer l'eau par une haute montaigne, touttefois on se souviendra qu'une telle conduitte d'eau est impossible aux lieux plus haults que 32 pieds de France, et qu'un peu au dessoubs de 32 pieds elle est fort mal asseurée par deux raisons. La première qu'il est fort difficile que le syphon soit si bien soudé que l'air n'y trouve bientost passage, et par ce moyen le syphon s'emplissant d'air l'eau ne coule plus. L'autre raison est qu'en une grande haulteur il faut un syphon trop hault, ainsy il est subject à crever. »

L'expérience de Torricelli a placé en la pression de l'atmosphère la raison véritable des effets que mentionne Roberval. Il est clair que celui-ci n'a encore, à l'époque où il rédige son *Traicté de Méchanique,* aucune idée de cette expérience célèbre. Or, c'est en 1644 qu'au retour d'un voyage en Italie, Mersenne répéta à Paris l'expérience de Torricelli et « la divulgua en France, non sans l'admiration de tous les savans et curieux »[2].

Familier de Mersenne, Roberval dut connaître un des premiers l'importante « expérience d'Italie ». Si donc il l'ignore en son *Traicté de Méchanique*, c'est apparemment que celui-ci fut rédigé avant 1644.

Du *Traicté de Méchanique* de Roberval, une bonne part est consacrée à la Dynamique; la Dynamique qu'enseigne le « professeur en la chaire de Ramus, au Collège de France », c'est, le plus souvent, la Dynamique de Léonard de Vinci; mais, habi-

1. Roberval, *loc. cit.*, fol. 176, verso.
2. Pascal, *Nouvelles expériences touchant le vide :* au lecteur (*Œuvres complètes* de Blaise Pascal, éd. Hachette, 1880, p. 1).

tuellement, il serait malaisé d'indiquer les sources où il en a dû puiser la connaissance; Tartaglia, Cardan, Baldi ont pu également la lui fournir.

Il est, toutefois, un passage où l'influence de Bernardino Baldi nous semble particulièrement reconnaissable; nous y trouvons, en effet, l'étrange théorie que l'abbé de Guastalla avait imaginée pour expliquer la prétendue accélération des projectiles.

Voici ce passage[1] :

« La violence d'un boulet de canon est composée de deux impressions. L'une est purement violente venant du canon mesme et de la poudre enflammée à pousser le boulet. L'autre est naturelle, estant causée par la pesanteur propre du boulet. De la première impression la violence après s'estre un peu augmentée jusques à quelque distance du canon à cause des degrez acquis par le mouvement, lesquels degrez s'adjoustent à l'impression de la poudre, avant que cette impression soit insensiblement diminuée, il arrive ensuite que cette impression diminuant beaucoup plus de soy qu'elle n'est augmentée par les degrez acquis, elle s'allentit continuellement, tant qu'au bout de certain temps elle finit; or, au commencement la ligne de direction de cette impression violente est dressée vers la part où est pointé le canon; puis elle change continuellement et la cause de ce changement est l'impression naturelle, c'est-à-dire la pesanteur du corps, qui le porte vers le centre de la terre. Car le meslange de ces deux impressions violente et naturelle faict que le boulet ne suit précisément ny l'une ny l'autre; mais au commencement il suit presque entièrement la violente laquelle est sans comparaison plus grande que la naturelle. Ensuite la violente s'allentit petit à petit, la naturelle se rend sensible, et ainsy le boulet commence à descendre une ligne courbe, et ce d'autant plus que l'impression violente diminue, et la pesanteur naturelle s'augmente par les degrez acquis. »

En cette impression violente qui « s'augmente un peu

1. Roberval, *loc. cit.*, fol. 126, recto.

jusques à quelque distance du canon à cause des degrez acquis par le mouvement », nous reconnaissons bien aisément une supposition dont Bernardino Baldi a revendiqué l'invention. D'autres marques des doctrines qu'il a développées dans ses *Exercitationes* se retrouvent, d'ailleurs, au *Traicté de Méchanique* de Roberval; mentionnons seulement la théorie de la stabilité et de la sensibilité de la balance[1]. Ces rapprochements nous assurent que Roberval avait lu les *Exercices* de Bernardino Baldi sur les *Questions mécaniques* d'Aristote et qu'il avait parfois adopté les opinions qu'exposait cet ouvrage.

IV

Bernardino Baldi et Descartes.

Descartes a-t-il lu le livre de Baldi? Nous n'avons rien trouvé dans ses écrits qui nous permît de donner à cette question une réponse catégorique. Du moins pouvons-nous affirmer que Mersenne, qui avait lu ce livre, communiquait parfois au grand philosophe les réflexions et les problèmes que cette lecture lui avait suggérés.

Le 26 avril 1643, Descartes répond à une lettre de Mersenne, lettre dont le texte nous est malheureusement inconnu; voici ce que nous lisons[2] en cette missive : « Pour la plus grande force d'une espée, ie ne doubte point qu'elle ne fust au centre de gravité, si, en donnant le coup, on la laissoit aller de la main; et, au contraire, qu'elle ne fust tout au bout de l'espée, si on tenoit parfaitement ferme; car ce bout est meu plus viste que le reste. Mais, pource qu'on ne la tient iamais extremement ferme, et aussy qu'on ne la laisse pas aller tout à fait, cete plus grande force est entre le centre de gravité et le bout de l'espée, et aprochant plus ou moins de l'un que de l'autre, selon que celuy qui s'en sert a la main plus ferme. »

1. Roberval, *loc. cit.*, fol. 89.
2. *Œuvres* de Descartes, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery, *Correspondance*, art. CCC, t. III, p. 658.

A quelle question de Mersenne Descartes répondait-il en ce passage? Nous pouvons, je crois, le deviner; Mersenne lui avait sans doute proposé un problème que Baldi avait formulé et qu'il avait prétendu résoudre; voici, en effet, ce que l'on peut lire dans les *Exercitationes*[1] :

« A ce sujet, une fort belle question se présente à notre esprit. On peut se demander si le coup porté par une épée est plus efficace quand on frappe avec la partie voisine de la pointe, ou avec la partie médiane, ou avec la partie voisine de la garde; on peut, en effet, invoquer des raisons soit en un sens, soit en l'autre.

» Soit AB une épée *(fig. 1)*, A la garde de cette épée, B la pointe, C le centre de gravité, D la partie voisine de la garde. Si l'on assène un coup de cette épée, on décrit trois arcs de cercle, BE, CF, DG. On demande où le coup sera le plus fort, en E, en F ou en G? Il semble qu'il sera plus fort en E, car, grâce à la plus grande longueur du rayon AB, l'arc de cercle BE est le plus grand et, par conséquent, le mouvement le plus rapide est celui qui est fait de B en E. D'autre part, il semble que le coup sera plus fort en F, car c'est là que, grâce au centre C, se fait toute l'impression de la pesanteur. Il peut sembler encore que le coup le plus puissant se produise en G, bien que le mouvement y soit plus lent que partout ailleurs; si, en effet, on regarde l'épée comme un levier dont le point d'appui serait en A, tandis que la puissance qui presse serait en B, et la résistance de l'objet frappé en D, le rapport de BA à AD sera plus grand que le rapport de BA à AC, en sorte que la pression du coup sera plus violente en D qu'en C. Tout bien considéré, je serais porté à croire que le coup le plus violent est frappé en F par

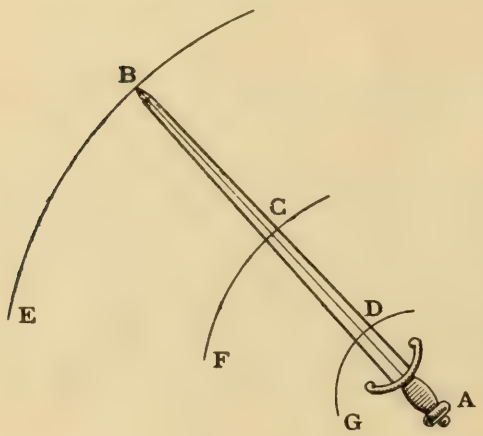


Fig. 1.

1. Bernardini Baldi *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes*, p. 131.

le milieu C, plutôt qu'aux extrémités E, G. En B, en effet, la vitesse est la plus grande, mais le poids fait défaut. En effet, considérons de nouveau l'épée comme un levier où deux points d'appui A et B soutiennent un poids placé en C, là où se trouve le centre de gravité. Si les deux longueurs AC et BC étaient égales, il y aurait seulement en B une pression égale à la moitié du poids C ; donc ce que le coup frappé par la pointe B gagne en vitesse, il le perd en poids. D, au contraire, participe davantage du poids, mais la vitesse y a sa plus petite valeur. En C, la vitesse est médiocre, il est vrai, mais, par suite de la présence du centre de gravité, l'impression du poids s'y fait sentir tout entière. »

Le rapprochement de ces deux citations ne saurait laisser place au doute; Descartes n'avait peut-être pas lu les *Exercitationes* de Bernardino Baldi; mais, à coup sûr, il connaissait par Mersenne certaines des idées émises en cet ouvrage.

V

La discussion entre Roberval et Descartes au sujet du centre d'agitation. — Le P. Honoré Fabry. Christiaan Huygens.

Parmi les idées que Baldi exposait en son ouvrage, il en est peu qui fussent aussi nettement mises en évidence que l'analogie entre le *centre de violence* et le *centre de gravité;* cette idée n'avait point échappé à Mersenne lorsqu'il avait lu les *Exercitationes;* ni Roberval, ni Descartes n'ont ignoré cette importante notion de *centre de la gravité accidentelle* que Baldi lui-même tenait de Léonard de Vinci.

Roberval s'est préoccupé sans cesse de donner aux théories de la Mécanique la plus grande généralité possible; il a cherché à les mettre sous une forme qui comprît à la fois le mouvement naturel et le mouvement violent; dans ce but, il a constamment fait porter ses raisonnements sur la notion générale de puissance : « Nous appelons en général une puis-

sance[1] cette qualité par le moyen de laquelle quelque chose que ce soit tend ou aspire à un autre lieu que celuy où elle est, soit en bas, en haut ou à côté, soit que cette qualité convienne naturellement à la chose ou qu'elle lui soit communiquée d'ailleurs. » Au nombre des *puissances*, Roberval range donc aussi bien le poids d'un corps que l'impression qui lui peut être communiquée par violence.

L'examen des circonstances où les *puissances* appliquées à un corps solide admettent un *centre*, la détermination de ce centre lorsqu'il existe, semblent avoir constamment sollicité l'attention de Roberval; les résultats qu'il avait tirés de cette recherche le vont mettre aux prises avec Descartes.

Une question posée par Mersenne à Descartes donne occasion au philosophe de faire connaître ses idées au sujet du point qu'il nomme *centre d'agitation,* et qui est précisément le *centre de violence* de Baldi.

Un corps solide de forme quelconque, pendu à un axe, exécute des oscillations d'une durée déterminée. Imaginons qu'à un fil de masse négligeable, on pende un poids de très petites dimensions, de manière à former ce qu'au XVIIe siècle on nommait un *funépendule*, ce que nous nommons aujourd'hui un *pendule simple*. Quelle longueur devrait avoir ce funépendule pour que ses oscillations fussent de même durée que les oscillations du solide considéré en premier lieu? Cette *détermination du pendule simple synchrone d'un pendule composé donné* est le beau problème que Mersenne proposait à Descartes en 1646, dans une lettre aujourd'hui perdue.

La réponse de Descartes, envoyée d'Egmond le 2 mars 1646, nous a été conservée[2]; nous y lisons ce qui suit :

« L'autre point de vostre lettre, auquel ie ne veux pas differer de répondre, est la question touchant la grandeur que doit avoir chaque corps, de quelque figure qu'il soit, estant sus-

1. *Lettre de Monsieur de Roberval à Monsieur de Fermates* (sic) *conseiller de Thoulouze contenant quelques propositions mechaniques* (Bibliothèque Nationale, fonds latin, ms. n° 7226, fol. 34, recto, à fol. 54, verso. — *Œuvres* de Fermat, publiées par Paul Tannery et Ch. Henry, t. II, p. 75-82). Cette lettre est du 11 octobre 1636.

2. *Œuvres* de Descartes publiées par Ch. Adam et P. Tannery, *Correspondance*, Art. CDXXIII, t. IV, p. 362.

pendu en l'air par l'une de ses extremitez, pour y faire ses tours et retours égaux à ceux d'un plomb pendu à un filet de longueur donnée. Car ie voy que vous faites grand estat de cette question, et ie vous en ay escrit si negligemment, il y a huit jours[1], que mesme ie ne me souviens pas de ce que ie vous en ay mandé, aussi que vous ne m'aviez proposé qu'un seul cas. La règle generale que ie donne en cecy est que, comme il y a un centre de gravité dans tous les corps pesans, il y a aussy dans les mesmes corps un centre de leur agitation, lorsqu'ils se meuvent estant suspendus par l'un de leurs points, et que tous ceux en qui ce centre d'agitation est également distant du point par lequel ils sont suspendus, font leurs tours et retours en temps égaux, pourveu toutes fois qu'on excepte ce que la résistance de l'air peut changer dans cette proportion... »

Peu de temps après qu'il eut écrit cette lettre à Mersenne, Descartes, consulté par Cavendish au sujet du même problème, lui adressait[2] ces éclaircissements :

« Il y a environ un mois que, le R. P. Mersenne m'ayant proposé la mesme difficulté, je luy fis response que, comme il y a un centre de gravité en tous les cors, selon lequel ils descendent librement en l'air, ainsy ceux qui se meuvent estant suspendus, ont un centre de leur agitation, lequel règle la durée de ce que vous nommez leurs vibrations, en sorte que tous ceux en qui ce centre d'agitation est également distant de l'aissieu autour duquel ils se meuvent, font leurs vibrations en tems égal.

» Premièrement, comme le centre de gravité est tellement situé, au milieu d'un cors pesant, qu'il n'y a aucune partie de ce corps qui puisse, par sa pesanteur, détourner ce centre de la ligne suivant laquelle il descend, dont l'effect ne soit empesché par une autre partie qui luy est opposée et qui a justement autant de force qu'elle; d'où il suit que ce centre de gravité se meut tous jours, en descendant, par la mesme ligne

1. Dans une lettre aujourd'hui perdue.

2. *Œuvres* de Descartes, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery; *Correspondance*, Art. CDXXVII; Descartes à Cavendish; d'Egmond, le 30 mars 1646; t. IV, p. 379.

qu'il feroit s'il estoit seul, et que toutes les autres parties du cors dont il est le centre fussent ostées, ainsy ce que je nomme le centre d'agitation d'un corps suspendu, est le point auquel se rapportent si également les diverses agitations de toutes les autres parties de ce cors, que la force que peut avoir chascune d'elles à faire qu'il se meuve plus ou moins viste qu'il ne fait, est toujours empeschée par celle d'une autre qui luy est opposée; d'où il suit aussy *(ex definitione)* que ce centre d'agitation se doit mouvoir autour de l'aissieu auquel il est suspendu, avec la mesme vitesse qu'il feroit si tout le reste du cors dont il est partie estoit osté, et par conséquent, de mesme vitesse que feroit un plomb pendu à un filet à mesme distance de l'aissieu. »

Il est clair par ces deux passages que la notion de *centre d'agitation,* dont Descartes fait usage pour déterminer la longueur du pendule simple synchrone d'un pendule donné, a sa source dans la notion de *centre de la gravité accidentelle* ou *de la violence* conçue par Léonard de Vinci et par Bernardino Baldi.

Descartes ne s'est pas borné à définir cette notion; il a tenté de marquer, en certaines figures, la position du centre d'agitation. La règle par laquelle il a prétendu résoudre ce problème n'était point correcte. Sans entrer en des détails techniques qui seraient déplacés ici[1], nous nous bornerons à dire que Descartes, en cette détermination du centre d'agitation, tenait compte de la grandeur de la *quantité de mouvement* de chacun des points de la figure, mais point de la direction de cette quantité de mouvement; en sorte que sa règle n'est exacte que dans le cas où tous les points de la figure ont des vitesses pareillement dirigées.

Roberval, par sa discussion avec Fermat au sujet des propriétés du centre de gravité, était rompu à la composition d'actions qui ont, aux divers points d'un corps, des directions différentes; l'erreur de Descartes lui apparut donc tout d'abord.

1. A ce sujet et au sujet de la querelle qui survint entre Descartes et Roberval, voir : Paul Tannery, *Les autographes de Descartes à la Bibliothèque Nationale,* X, XI, XII, XIII et XIV (*Bulletin des Sciences mathématiques,* 2e série, t. XV, pp. 287, 291, 301 et 307; 1891 — t. XVI, pp. 33 et 35; 1892).

Il la signalait, en mai 1646, à Cavendish[1], en y joignant une autre critique bien moins justifiée :

« Nous convenons de définition, Monsieur Descartes et moy, disait Roberval, touchant le poinct qu'il appelle le centre d'agitation, lequel nous nommons icy le centre de percussion ; mais sa conclusion est entièrement différente de la mienne, de laquelle pourtant j'ay la démonstration absoluë. Il y a donc quelque deffaut en son raisonnement... Mais nostre démonstration est trop longue pour ce lieu... Le deffaut de ce raisonnement est qu'il considère l'agitation seule des parties du corps agité, oubliant la direction de l'agitation de chacune de ces parties ; laquelle direction change et est différente... »

« Je passe encore que, quoyque le centre de percussion ou d'agitation fust assigné comme dessus, il ne paroist pas qu'il fust la règle ou distance requise pour les vibrations ou balancement des corps, auquel balancement le centre de gravité contribuë quelque chose, aussy bien que le centre d'agitation. Car le centre de gravité est la cause de la réciprocation de ce balancement de gauche à droite... »

A l'encontre de l'opinion émise ici par Roberval, Descartes avait raison, lorsqu'il déterminait la longueur du pendule simple synchrone d'un pendule donné, de considérer le centre d'agitation et point le centre de gravité ; mais de sa géniale intuition, il ne pouvait rendre un compte satisfaisant ; la Dynamique dont il se réclamait était encore trop incomplète et trop inexacte ; il n'opposait donc à Roberval qu'une affirmation accompagnée de considérations fort obscures : « Je trouve aussi, disait-il[2], qu'il s'est mépris en pensant que le centre de gravité du mobile contribue quelqu'autre chose à la mesure de ses vibrations, que ne fait le centre d'agitation ; car le mot de centre de gravité est relatif aux corps qui se meuvent librement, ou bien qui ne se meuvent point du tout ; et pour ceux qui

1. *Œuvres* de Descartes, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery ; *Correspondance*, art. CDXXXVI, Roberval à Cavendish pour Descartes, de Paris, mai 1646 ; tome IV, p. 420.

2. *Œuvres* de Descartes publiées par Ch. Adam et Paul Tannery ; *Correspondance*, art. CDXXXVII, Descartes à Cavendish, d'Egmond, 15 juin 1646 ; t. IV, p. 432.

se meuvent autour d'un essieu auquel ils sont attachez, ils n'ont aucun centre de gravité au regard de cette position et de ce mouvement, mais seulement un centre d'agitation. »

Aux affirmations de Descartes, Roberval se contentait d'opposer d'autres affirmations, arguant toujours de la longueur de ses démonstrations pour ne les point publier[1]. Une telle discussion ne pouvait guère être féconde; elle devint bientôt très acerbe et se termina par une complète rupture entre Roberval et Descartes.

Les efforts de Roberval et de Descartes n'avaient pu amener l'immédiate solution du problème qu'ils avaient abordé; la Dynamique devait encore progresser avant qu'elle pût être donnée; toutefois, les tentatives de Roberval et de Descartes ne furent pas sans influence sur l'achèvement de cette solution.

Parmi les hommes de science qui vivaient dans la familiarité de Mersenne se trouvait un savant jésuite, le P. Honoré Fabry; ses écrits, comme ceux de Mersenne, nous montrent que ces deux religieux mettaient souvent leurs efforts en commun lorsqu'il s'agissait de résoudre quelque difficile question de Mécanique ou de Physique. Fort au courant des doctrines du XVIe siècle, comme des recherches plus récentes de Galilée, de Descartes et de Gassendi, le P. Fabry entreprit de donner un exposé systématique de la Dynamique. Le *Traité physique du mouvement local* qu'il composa ne fut pas publié sous son nom, mais sous le nom de son ami, Pierre Mousnier, docteur en médecine[2].

Ce livre fut en grande faveur, notamment dans la Compagnie de Jésus; il méritait, d'ailleurs, cette faveur, car il était le fruit d'un très grand effort logique. Cette vogue ne fut

1. Parmi les écrits inédits de Roberval que renferme le ms. 7226 (fonds latin) de la Bibliothèque Nationale, on trouve (fol. 2, recto, à fol. 30, verso) un fragment rédigé en latin et intitulé : *Tractatus mechanicus a D. D. Roberval*, anno 1645. Avec un grand appareil logique, Roberval se propose d'y traiter des centres de toutes sortes de puissances. Mais ce fragment inachevé examine seulement le cas où toutes les puissances appliquées au corps sont parallèles entre elles.

2. *Tractatus physicus de motu locali*, in quo effectus omnes qui ad impetum, motum naturalem, violentum et mixtum pertinent, explicantur, et ex principiis physicis demonstrantur; auctore Petro Mousnerio, Doctore medico; cuncta excerpta ex prælectionibus R. P. Honorati Fabry, Societatis Jesu; Lugduni, apud Joannem Champion, in foro Cambii, MDCXLVI.

point sans inquiéter Descartes, toujours enclin à la jalousie : « Si le P. Fabri n'escrit rien contre moy, je ne me soucie pas aussy de le voir[1]; mais pour ce qu'on vous avoit dit qu'il escrivoit toute la philosophie beaucoup mieux et en meilleur ordre que je n'ay fait, je pensois que les Jésuites eussent dessein de l'opposer à moy, et en ce cas je serais obligé de voir son livre, afin de tascher de me defendre; mais rien ne seroit pourtant si pressé, que je ne peusse bien attendre à le recevoir par mer. »

Les craintes que Descartes manifestait en ce passage étaient peu justifiées; non seulement il n'était point attaqué dans le *Tractatus physicus de motu locali,* mais l'influence de ses doctrines mécaniques y était reconnaissable en maint passage; en particulier, il eût pu revendiquer presque tout ce que le P. Fabry, sous le nom de Pierre Mousnier, avançait au sujet du *centre de percussion*[2]. Non seulement le P. Fabry, en dépit des critiques de Roberval, déterminait le centre de percussion suivant la règle erronée que Descartes avait formulée[3], mais encore il donnait raison à Descartes contre Roberval au sujet de la théorie du pendule synchrone : « Dans ce mouvement circulaire, disait-il[4], le centre de percussion régit le mouvement de tous les autres points, car c'est lui qui joue le rôle de centre de gravité... Ce point se comporte donc comme s'il réunissait en lui le poids total et la totalité de la force. Mais il serait alors semblable à un funépendule, où l'on ne tient aucun compte de la masse du fil, mais seulement du poids suspendu; sa vibration a donc même durée que la vibration de ce funépendule. »

En 1646, un jeune géomètre de dix-sept ans, dont le génie allait bientôt éclater à tous les yeux, Christiaan Huygens, soumet au P. Mersenne ses premiers essais. La première lettre qu'il lui adresse[5] se termine par ces mots : « Et en attendant

1. *Œuvres* de Descartes, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery; *Correspondance,* art. CDLV, Descartes à Mersenne, d'Egmond, 2 nov. 1646; t. IV, p. 554.

2. Petrus Mousnerius, *loc. cit.*, Appendix prima, physico-mathematica, de centro percussionis.

3. Petrus Mousnerius, *loc. cit.*, theorema 17, p. 427.

4. Petrus Mousnerius, *loc. cit.*, theorema 30, p. 435.

5. *Œuvres complètes* de Christiaan Huygens publiées par la Société Hollandaise des Sciences; tome premier, *Correspondance,* n° 14 : Christiaan Huygens à Mersenne, 28 octobre 1646; p. 28.

avecq grand desir quelque particularitez des centres de percussion, je demeureray, Monsieur, votre très humble Christien Huygens. »

A cette demande, Mersenne répond en ces termes[1] :

« J'eusse plustost satisfait à vostre desir pour ce qui concerne le centre de percussion, ou d'agitation des corps suspendus qui ont leurs vibrations libres, comme le plomb pendu à un filet suspendu, lequel j'appelle *funépendule,* pour fuyre les circonlocutions, mais parce qu'il y a tant de différentes figures dans les corps qui font tousjours de nouvelles difficultez, je ne voy pas qu'une seule règle y puisse satisfaire, si ce n'est celle que Mr. Des Cartes, le plus excellent esprit du monde à mon advis, a donné, laquelle je vous repeterois icy, si je ne croiois qu'ayant cette source inépuisable a commandement puisque je sçay qu'il est vostre amy intime, ce seroit vous faire tort comme a luy aussi, de vous envoyer d'icy ce que vous avez bien plus proche et de vous faire boire d'un ruisseau, quand vous avez la source chez vous. »

A quelque temps de là, Mersenne écrit à Constantyn Huygens, père du grand géomètre[2] :

« Il faut que vous vous résolviez de faire donner une demie pistole pour deux volumes in-4° d'une nouvelle philosophie, dont la 1re est la Logique démonstrée et la 2me la première partie de la Physique, qui apartient aux mouvemens tant naturels que violents, tant simples que composez d'un ou plusieurs plans ou directions, il y a 10 Livres... Et il y a un traité particulier des centres de percussion à la fin ; si je peux faire baler dez demain ce 2d volume pour vous l'envoyer après tout entier avec le sieur Tassin espiant l'occasion, la commodité pour vous le faire tenir, mais seulement les 2 ou 3 feuillets où sont les centres de percussion, je vous l'enverray avec cette lettre, car je brusle d'envie que Mr. vostre fils le voye ce traité et qu'il l'examine, peut estre, que l'envie luy en prendra à luy mesme de le mieux démonstrer... Pleust à Dieu que vostre fils

1. *Œuvres complètes* de Christiaan Huygens ; tome premier, *Correspondance,* n° 23 : Mersenne à Christiaan Huygens, 8 décembre 1648 ; p. 45.

2. *Œuvres complètes* de Christiaan Huygens ; tome premier, *Correspondance,* n° 24 : Mersenne à Constantyn Huygens, père, 3 janvier 1647.

voulust démonstrer tout ce qui est à sa manière plus noble, car je crains bien qu'il s'y trouve quantité de paralogismes; ἀπέχω tamen, jusques aux examens. »

L'écrit sur lequel Mersenne appelle si instamment l'attention de Christiaan Huygens n'est autre que le *Tractatus physicus de motu locali* du P. Fabry, publié par Pierre Mousnier.

Le 8 janvier 1647, Mersenne annonce de nouveau[1], et directement cette fois, à Christiaan Huygens « qu'il attend à lui envoyer un traité des centres de percussion qui vient de s'imprimer »; il ajoute : « Je m'asseure qu'aprez avoir vû l'auteur que je vous envoye des centres de percussion, vous renchairez dessus, et que vous trouverez quelque règle plus excelente, ou plus exquisite; et si vous y apercevez des paralogismes, vous me ferez plaisir de m'en avertir. »

En cette circonstance la bienveillance de Mersenne s'était montrée singulièrement clairvoyante; en ce jeune homme de dix-sept ans, qui lui envoyait une démonstration fausse de la loi de la chute des corps, il avait deviné le génie du géomètre; il l'avait jugé capable de tirer au clair la doctrine si confuse et si controversée des centres d'oscillation; l'avenir devait prouver qu'il n'avait point trop préjugé du jeune Christiaan Huygens.

En effet, vingt-six ans plus tard, en 1673, Huygens donnait son immortel traité de l'horloge à pendule[2]; le problème sur lequel Mersenne avait appelé l'attention du jeune géomètre hollandais y était résolu d'une manière complète et définitive; la querelle qui s'était élevée entre Roberval et Descartes était jugée sans appel. Une Dynamique enfin assurée prouvait que Descartes avait eu, contre Roberval, raison de prendre le centre d'oscillation d'un corps comme extrémité du funépendule synchrone à ce corps; elle montrait, d'autre part, que la véritable règle pour déterminer le centre d'oscillation d'une figure était celle que Roberval avait énoncée, et non point celle que Descartes avait proposée. Ainsi les vérités aperçues par ces

1. *Œuvres complètes* de Christiaan Huygens; tome premier, *Correspondance*, n° 25, p. 50.

2. *Horologium oscillatorium, sive de motu pendulorum ad horologia aptato demonstrationes geometricæ, auctore* Christiano Hugenio; Lutetiæ, 1673.

deux irréconciliables adversaires prenaient place dans une théorie mise hors de doute, tandis que tombaient dans l'oubli les erreurs qu'ils s'étaient opposées l'un à l'autre avec passion.

« Il y a là, sans contredit, a écrit Paul Tannery[1], un des exemples les plus remarquables de l'influence exercée par la correspondance du Minime sur le progrès des Sciences au XVIIe siècle. »

Nous pouvons dire plus : Il y a, dans l'histoire que nous venons de retracer, un des exemples les plus remarquables de la continuité suivant laquelle s'enchaînent les découvertes scientifiques.

Avant d'attirer l'attention du jeune Huygens sur le problème des centres d'oscillation, Mersenne avait suscité, à l'endroit de ce problème, les efforts de Roberval, de Descartes et du P. Fabry; il les avait suscités en faisant connaître à ces géomètres le livre ou les pensées de Bernardino Baldi. Mais Bernardino Baldi, à son tour, avait emprunté à Léonard de Vinci la notion de *centre de la gravité accidentelle;* et cette notion s'était présentée à l'esprit de Léonard comme une suite naturelle de la théorie de l'*impetus*, développée par les physiciens du XIVe siècle. Non plus que la Nature, la Science ne fait point de saut brusque.

1. Paul Tannery, *Les autographes de Descartes à la Bibliothèque Nationale* (*Bulletin des Sciences mathématiques,* 2e série, t. XV, p. 296 ; 1891).

V

THÉMON LE FILS DU JUIF

ET

LÉONARD DE VINCI

THÉMON LE FILS DU JUIF

ET

LÉONARD DE VINCI

I

Les *Questions sur les Météores* de Thémon, le fils du juif.

Léonard de Vinci a dû beaucoup aux ouvrages composés, au milieu du XIVe siècle, par Albert de Saxe[1]. Le cahier manuscrit conservé à la Bibliothèque de l'Institut sous la rubrique F est rempli de réflexions qu'ont suggérées les discussions scolastiques du vieux maître de l'Université de Paris, et ces discussions ont provoqué l'éclosion, en l'esprit du grand peintre, de quelques-unes de ses idées les plus originales, de ses plus profondes intuitions.

Le cahier F, qui porte tant de marques de l'influence exercée sur Léonard par Albert de Saxe, contient aussi nombre de pensées qui ne doivent rien à Albertutius. Parmi ces pensées, il en est un grand nombre sur la perspective, sur le clair-obscur, sur la lumière et les couleurs, qui se retrouvent, sous une forme plus achevée, au *Traité de la Peinture*. D'autres ont pour objets la figure des mers, l'origine des sources, la formation des nuages, la cause des marées ou de l'arc-en-ciel, en un mot, les divers phénomènes dont Aristote avait traité dans ses Μετεωρολογικά, auxquels le Moyen-Age et la Renaissance conservaient le nom de *Météores;* de ces pensées, la plupart se retrouvent au traité *Del moto e misura dell' acqua.*

1. Voir Albert de Saxe et Léonard de Vinci (*Bulletin-Italien*, t. V, p. 1 et p. 113; 1905).

De ces ébauches relatives au mouvement des eaux, il en est un grand nombre qui portent, bien visible, la marque originale de Léonard; les diverses figures qu'affectent les eaux courantes, les ondes variées qui en rident la surface, les tourbillons qui roulent en leurs profondeurs et en affouillent le lit, tous ces effets si complexes ont été longuement étudiés sur nature, ont été minutieusement décrits et dessinés par le grand ingénieur hydraulicien.

Mais à côté de ces observations où Léonard n'a eu d'autre guide que l'expérience, on trouve, au cahier F, des considérations théoriques analogues à celles dont on disputait fréquemment dans les écoles. Ces considérations sont-elles aussi des fruits spontanés du génie de Léonard? ne sont-elles pas plutôt des réflexions suggérées par la lecture de quelque commentaire aux *Météores* d'Aristote?

Que Léonard, si curieux de tout ce qui concerne la Physique du globe, n'eût point cherché à connaître ce qu'on en disait dans les écoles, ce serait chose bien peu vraisemblable; l'affirmer serait professer une erreur; nous en avons pour garant son propre témoignage.

Recourons à cet inventaire inscrit par Léonard sur la couverture du cahier F, à cet inventaire qui nous a révélé la présence, en la bibliothèque du peintre, du *Tractatus proportionum* et des *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo* d'Albert de Saxe; là, en une colonne qui porte en tête cette indication : « Livres de Venise », entre ces titres : « Vitruve » et « Archimède, *De centro gravitatis* », nous trouvons ce mot : « *Meteura*, météores ». Léonard avait donc en mains, en 1508, en même temps que les *Quæstiones* d'Albert de Saxe, un traité des météores et, vraisemblablement, un traité imprimé à Venise.

Quel était cet écrit sur les météores possédé par le Vinci?

Une foule de rapprochements nous ont permis de reconnaître que le traité des météores lu et commenté par Léonard de Vinci était celui que l'imprimerie a fréquemment reproduit sous ce titre : *Quæstiones super quatuor libros meteorum compilatæ per doctissimum philosophiæ professorem Thimonem.*

L'écossais Georges Lokert, qui, en 1516, enseignait à Paris,

au Collège de Montaigu et, en 1518, à la Sorbonne, publia, à ces deux dates, deux éditions d'un même ouvrage[1]. Cet ouvrage avait pour objet de réunir les enseignements sur la Physique donnés, au milieu du XIVe siècle, par la brillante école nominaliste qui occupait alors les principales chaires de l'Université de Paris. Il reproduisait d'abord les *Quæstiones* d'Albert de Saxe sur le *De physico auditu,* sur le *De generatione et corruptione,* sur le *De Cœlo et Mundo;* venaient ensuite les *Quæstiones super quatuor libros meteorum* de Thimon ; enfin la collection était complétée par les *Quæstiones* où Jean Buridan traitait des divers écrits d'Aristote que réunit la commune désignation de *Parva naturalia.*

En publiant ces *Quæstiones et decisiones* de Philosophie naturelle, composées « depuis près de deux cents ans par ces trois hommes éminents qui formaient alors une sorte de triumvirat en la célèbre École de Paris », Georges Lokert a soin de nous avertir que les écrits de Buridan étaient seuls inédits jusqu'alors ; il nous apprend que « la solide doctrine et la grande érudition » d'Albert de Saxe et de Thimon n'étaient point demeurées inconnues des Italiens et, particulièrement, des Vénitiens ; que ceux-ci avaient pris soin de faire imprimer les œuvres des deux illustres professeurs de l'Université de Paris, « afin que nous ressentions une honte méritée de notre coupable négligence, nous qui avons si longtemps souffert que nos grands auteurs demeurassent ensevelis dans l'abandon et la poussière. »

Les *Questions* sur les Météores, compilées par Thimon, avaient donc été imprimées à Venise bien avant 1516 ; elles le furent encore après cette date ; en 1522, les héritiers d'Octaviano Scoto les adjoignirent à la belle édition des *Commentaires aux Météores d'Aristote,* composés antérieurement à 1476 par Gaëtan de Tiène, qu'ils donnèrent à cette époque[2].

Les *Questions* sur les Météores, composées par Thimon, ont

1. En notre étude sur *Albert de Saxe et Léonard de Vinci,* nous avons donné des indications bibliographiques complètes au sujet de cet ouvrage.

2. Gaietanus *super Metheo. Habes solertissime lector in hoc codice libros Metheororum Aristotelis Stagirite peripatheticorum* (sic) *principis cum commentariis fidelissimi expositoris Gaietani de Thienis : una cum duplici translatione, videlicet Francisci Vatabli et*

exactement même forme que les *Questions* sur la Physique, sur le *De Cœlo,* sur le *De generatione et corruptione*, rédigées par Albert de Saxe; celles-là sont visiblement destinées à faire suite à celles-ci, de telle sorte que leur ensemble forme un commentaire complet de l'œuvre physique du Stagirite. Ce commentaire, profondément original parfois, où le respect éclairé de la tradition péripatéticienne s'unit au sens de l'observation et à un esprit vraiment scientifique, a exercé une influence profonde et durable; de cette influence la trace se reconnaît, bien visible, en maint écrit de la Renaissance et même du XVIIe siècle. Mais si les physiciens les plus célèbres de ces temps n'ont point hésité à recevoir l'inspiration des deux maîtres nominalistes, par une sorte de convention tacite, ils se sont entendus pour ne les jamais nommer, alors même qu'ils les plagiaient impudemment; ils ont traité les pensées d'Albert de Saxe et de Thimon comme des idées tombées dans le domaine commun, auxquelles il n'est plus dû de droits d'auteur. A quel point la mémoire d'Albert de Saxe fut victime de cette conspiration du silence, inexplicable et inexcusable, nous avons eu l'occasion de le montrer ailleurs[1]; le nom de Thimon ou, plus exactement, de Thémon, n'a pas moins souffert de cet oubli systématique et injuste.

II

Ce que nous savons de Thémon, le fils du juif

Ce parti pris, de la part des physiciens qui ont succédé à la brillante École nominaliste de Paris, de cacher la source à laquelle ils puisaient, explique que nous soyons si peu et si mal renseignés au sujet des maîtres qui composaient cette

Antiqua: noviter impressos : ac mendis erroribusque purgatos.— Tractatum de reactione. Et tractatum de intensione et remissione ejusdem Gaietani. — Questiones perspicacissimi philosophi Thimonis super quatuor libros metheororum. Colophon : *Opuscula hec impressa fuerunt Venetiis nutu ac impendio heredum quondam nobilis viri domini Octaviani Scoti civis Modoetiensis : ac sociorum. Anno salutis 1522. Die 20 Novembris.*

1. V. P. Duhem, *Les origines de la Statique.* Chapitre XV : *Les propriétés mécaniques du centre de gravité, d'Albert de Saxe à Evangelista Torricelli.*

École. De Thimon, en particulier, nous ne savions presque rien jusqu'à ces dernières années. Aux quelques mots que Georges Lokert nous en a dits, nous ne pouvions joindre qu'un court passage emprunté à Du Boulay[1]. Voici ce passage :

« *Temo Judæus,* Témon ou Timon le Juif, originaire de la Westphalie, était un clerc de la ville de Münster; il débuta comme maître ès arts, sous maître Dominique de Chivasso, en 1349; plus tard, il fut élu procureur de la Nation anglaise, le 26 août 1353, puis, de nouveau, le 18 novembre 1355. Alors qu'il était procureur, on rendit une ordonnance qui prescrivait à tous les maîtres de l'Université de dire leurs leçons et de ne les point dicter. Ce fut, d'ailleurs, un très célèbre professeur de philosophie; nos lectures nous ont montré que bon nombre d'étudiants avaient subi devant lui les épreuves du baccalauréat ou de la licence, qu'ils avaient, sous sa direction, débuté comme maître ès arts. »

Pendant longtemps, on ne sut rien de plus de ce physicien. Aujourd'hui, il nous est possible d'ajouter plus d'un détail à ces renseignements si concis et si insuffisants, et cela grâce au P. Denifle et à M. Chatelain.

Ces deux érudits, en effet, ont entrepris la publication du *Livre des Procureurs de la Nation anglaise en l'Université de Paris*[2].

La Nation anglaise était une des quatre *Nations* entre lesquelles se partageaient professeurs et élèves de l'Université parisienne; elle réunissait les maîtres et les étudiants qui avaient pour pays d'origine l'une des quatre *provinces* d'Allemagne, d'Écosse, de Dacie et de Suède.

De même que le Recteur présidait à l'Université tout entière, chaque Nation avait à sa tête un *Procureur*[3]; élu, en général, parmi les jeunes maîtres, le Procureur n'était nommé que pour un mois; au bout de ce temps, il devait être réélu ou céder

1. Bulæus, *Historia Universitatis Parisiensis,* t. IV, p. 991; MDCLVIII.

2. *Auctarium chartularii Universitatis Parisiensis* sub auspiciis Consilii generalis Facultatum Parisiensium ediderunt Henricus Denifle O. P. et Æmilius Chatelain; Tomus I: *Liber Procuratorum Nationis Anglicanæ (Alemanniæ) in Universitate Parisiensi;* Tomus I, ab anno MCCCXXXIII usque ad annum MCCCCVI. Parisiis, apud fratres Delalain, anno MDCCCLXXXIIII.

3. *Auctarium,* tomus I, Introductio, p. XXI.

ses fonctions à un autre. D'après un règlement datant de 1288, le procureur devait, aussitôt élu, inscrire son nom et la date de son élection sur un registre spécialement consacré à cet objet; en outre, il s'engageait par serment à noter sur ce registre tous les faits, importants pour la Nation, qui se produiraient au cours de sa procuration, en particulier les noms de ceux auxquels un grade universitaire serait conféré. Ainsi fut composé ce *Livre des Procureurs de la Nation anglaise* qui nous permet de reconstituer, de 1333 à 1492, la vie d'une partie de l'Université parisienne.

Ce livre nous fournit, au sujet du physicien qui nous occupe, de multiples renseignements.

Il nous permet, en premier lieu, d'en fixer le nom. Ce nom, les divers imprimeurs qui ont publié les *Quæstiones in quatuor libros Metheorum* l'ont orthographié *Thimo;* Du Boulay l'a écrit *Temo;* la forme que le *Livre des Procureurs* lui attribue invariablement est *Themo;* il convient donc de garder à ce nom cette forme authentique : *Thémon.*

Le *Livre des Procureurs de la Nation anglaise* ne nous permet pas seulement de rectifier l'orthographe du nom de Thémon; il nous conduit à modifier son surnom. Du Boulay l'appelle *le Juif, Temo Judæus*, en sorte que certains biographes ont traduit par *rabbin* le titre de *clericus* que lui donne le même Du Boulay. Or, si le *Liber Procuratorum* adopte cette même forme, *Themo Judæus,* c'est d'une manière tout accidentelle; presque invariablement, il nomme Thémon non pas *le Juif,* mais *le fils du Juif, Themo Judæi;* et c'est, notamment, ce surnom que Thémon lui-même se donne dans un passage écrit de sa main[1].

Il est clair, par la forme de ce surnom, que si le père de Thémon était juif, Thémon lui-même était chrétien; on en pourrait, d'ailleurs, donner d'autres preuves, telles les longues études de théologie que notre maître ès arts fit en Sorbonne[2].

C'est en l'année 1349 que les deux frères Thémon et Nicolas,

1. *Auctarium,* tomus I, col. 219.

2. *Auctarium,* tomus I, Introductio, p. XXXIV, d'après la p. 351 du ms. n° 1021 de la Bibliothèque de l'Arsenal.

de Münster, surnommés *les fils du Juif*, subissent l'examen de *déterminance* ou de baccalauréat devant Maître Henri de Herne de Unna[1].

De ce Nicolas de Münster, le *Livre des Procureurs* ne fait plus aucune mention, tandis qu'il nous tient au courant des progrès de son frère. En l'année même (1349) où il a *déterminé*, nous le voyons subir l'examen de licence devant Maître Walter de Wardelaw[2] et faire sa première leçon de maître ès arts sous la présidence de Maître Dominique de Chivasso[3].

Le 26 août 1353, les maîtres de la Nation anglaise se réunirent auprès de l'église Saint-Julien-le-Pauvre afin d'élire un procureur; leur choix se porta sans aucune opposition sur Thémon[4]. Le 18 novembre 1355, la Nation devait confier derechef à Thémon les fonctions de procureur[5]; elle lui conféra une troisième fois cette dignité le 10 février 1356[6].

On ne peut parcourir le *Livre des Procureurs de la Nation anglaise* sans être surpris et ému de la pauvreté qui règne parmi ces étudiants, venus de si loin pour recueillir les enseignements de l'Université parisienne. La plupart ne peuvent acquitter les droits afférents aux examens qu'ils subissent; il leur faut affirmer sous serment la pénurie où ils se trouvent, solliciter des délais, engager leurs livres ou leurs vêtements qu'au jour de l'échéance ils seront hors d'état de dégager. Tel, comme Wiskin Wenslay ou comme Albert de Saxe, a déjà rempli les fonctions de procureur de la Nation, qui n'est point encore quitte de ses droits de baccalauréat.

Thémon, le fils du Juif, n'est sans doute pas de ces infortunés; lorsqu'il passe des examens, il acquitte les droits sans solliciter de remise[7]; devenu maître ès arts, il est souvent le bailleur de fonds de la Nation anglaise.

Soit seule, soit en commun avec la Nation picarde, la Nation anglaise possédait certaines écoles; Thémon était préposé

1. *Auctarium*, tomus I, col. 130.
2. *Auctarium*, tomus I, col. 134.
3. *Auctarium*, tomus I, col. 138.
4. *Auctarium*, tomus I, col. 166.
5. *Auctarium*, tomus I, col. 187.
6. *Auctarium*, tomus I, col. 189.
7. *Auctarium*, tomus I, col. 136.

à l'entretien de ces écoles; il y pourvoyait de ses deniers, quitte à se faire rembourser de ses avances par le trésor de la Nation. Il semble que ce trésor fût parfois fort mince et que le remboursement fût lent et laborieux.

Ainsi, en 1355, dans une réunion générale de la Nation, tenue près de l'église Saint-Mathurin, Thémon demande qu'on lui rembourse ce qu'il a avancé pour l'entretien des écoles[1]; un peu plus tard, le 23 septembre 1355, le receveur de la Nation, Wiskin Wenslay, rendant ses comptes avant de quitter sa charge, reconnaît la dette contractée envers le fils du Juif[2]; en 1356, le nouveau receveur, Jean de Louvain, fait derechef mention de cette dette[3]; et cependant, elle n'est point encore acquittée le 26 juin 1356; ce jour-là, Thémon réclame à la Nation assemblée les trois écus dépensés pour l'entretien des écoles et il est fait droit à sa requête[4].

C'étaient, semble-t-il, de francs buveurs que les maîtres de la Nation anglaise en l'Université de Paris. Le maître ès arts qui venait de débuter, le procureur ou le receveur nouvellement élu devaient payer un écu ou un florin comme don de joyeux avènement; et cet écu était aussitôt dépensé par les maîtres de la Nation en quelqu'une de leurs tavernes accoutumées, *Aux deux épées, A la grange* ou *A l'épitoge de Gilet.* Parfois, le don du nouveau venu ne suffisait pas à étancher la soif des nombreux maîtres ès arts; de la dépense excédante chacun, alors, payait son écot.

Mais, bien souvent, les nouveaux dignitaires n'étaient point en fonds; ils ne pouvaient acquitter de suite ce que la Nation avait consommé; ils avaient recours à la bourse obligeante de Thémon, le fils du Juif.

Le 5 février 1356, en la taverne du faubourg Saint-Jacques dont l'enseigne porte : *A l'image de Notre-Dame,* la Nation a joyeusement fêté la désignation de l'examinateur de Sainte Geneviève et l'élection de maître Jean de Wanczeberch, de Luneburch, aux fonctions de procureur; c'est Thémon qui

1. *Auctarium,* tomus I, col. 186.
2. *Auctarium,* tomus I, col. 187.
3. *Auctarium,* tomus I, col. 189.
4. *Auctarium,* tomus I, col. 199.

a réglé la dépense. Il lui faut, pour obtenir le remboursement de son dû, adresser une réclamation à l'assemblée de la Nation; le jugement de celle-ci oblige Jean de Wanczeberch à s'exécuter[1].

Une autre fois, une réunion de maîtres ès arts a besoin d'un écu, sans doute pour quelqu'une de ces « beuveries » dont le *Livre des Procureurs* fait si complaisante mention; on donne l'ordre au fils du Juif de fournir l'écu; la Nation remboursera[2].

Thémon se trouvait, en quelque sorte, le banquier de la Nation anglaise; il était tout désigné pour assumer la charge de receveur.

C'était une fonction délicate que celle de receveur[3]; ayant mission de percevoir les revenus de la Nation, d'en solder les dépenses, il lui fallait être très au courant du change des monnaies, dont la valeur variait d'un jour à l'autre; il était pécuniairement responsable de toute erreur, de toute libéralité consentie par lui; aussi la fonction de receveur n'était-elle guère briguée par les maîtres peu fortunés; on la confiait, en général, à des maîtres déjà anciens et d'esprit mûr.

Le 23 septembre 1357, la Nation anglaise, assemblée près de l'église Saint-Mathurin, confia l'importante charge de receveur à Thémon, le fils du Juif, en même temps qu'elle élevait Jean de Duns à la dignité de procureur; pour fêter cette double élection, les maîtres se rendirent à une taverne de la cité, nommée *le Cygne,* où ils dépensèrent 6 livres et 12 sous[4].

Thémon garda les fonctions de receveur jusqu'à la fin de son séjour à l'Université; alors, en octobre 1361, il fut remplacé par maître Albert de Saxe[5].

Chaque mois, le receveur devait soumettre ses comptes à la Nation assemblée; mais beaucoup, peu exacts en leur gestion, négligeaient de se présenter à la réunion. Thémon ne fut point, sans doute, de ces fonctionnaires peu zélés; il semble

1. *Auctarium,* tomus I, col. 190.
2. *Auctarium,* tomus I, col. 205.
3. *Auctarium,* tomus I, Introductio, p. XXII.
4. *Auctarium,* tomus I, col. 221.
5. *Auctarium,* tomus I, col. 267.

avoir rendu compte à la Nation de l'état de sa caisse plus souvent même que ne l'exigeaient les statuts; ainsi, le 23 septembre 1358, un an après son élection, son mandat est renouvelé, sans doute après exposé et approbation de sa gestion[1]; et cependant, il met de nouveau la Nation au courant de l'état des finances le 22 octobre[2], le 18 novembre[3] et le 3 décembre[4] de la même année.

Parmi les dépenses que Thémon devait solder au nom de la Nation, les « beuveries » tenaient assurément une large place. Ainsi, le 11 février 1359, on a élu comme procureur Henri de Egher de Kalker et l'on fête cette élection en la taverne *A l'image de Notre-Dame;* on dépense cinquante-huit sous et demi; le nouveau procureur paye vingt-huit sous et le receveur, maître Thémon, solde le reste[5].

Le zèle que Thémon semble avoir apporté dans l'accomplissement de ses fonctions de receveur, il le mettait sans doute en toute besogne dont il était chargé; aussi la Nation anglaise lui confiait-elle volontiers les missions particulièrement délicates.

La Nation anglaise et la Nation picarde se disputaient parfois certains étudiants; les provinces qui ressortissaient à chacune d'elles étaient mal délimitées. En 1357, les deux nations résolurent de mettre fin à ces différends et de fixer, par un statut invariable, la commune frontière de leurs départements respectifs.

L'élaboration de ce statut n'alla point sans discussions, délibérations et formalités prolongées.

Le procureur de la Nation anglaise, Jean-Nicolas d'Upsal, devait, à cet effet, comparaître devant les notaires; le 10 septembre, il avait, en présence des députés de l'Université, prêté serment de dire la vérité; mais à peine ce serment était-il prêté que des affaires personnelles l'obligeaient à s'absenter; bien vite, il délégua en son lieu et place maître Thémon, le fils

1. *Auctarium,* tomus I, col. 237.
2. *Auctarium, ibid.*
3. *Auctarium,* tomus I, col. 238.
4. *Auctarium,* tomus I, col. 239.
5. *Auctarium,* tomus I, col. 241.

du Juif; le lendemain 11 septembre, près du couvent des Carmélites, Thémon comparut devant les notaires; mais les Picards refusèrent de le laisser déposer, ne le trouvant point dûment autorisé; il fallut qu'une assemblée de la Nation anglaise confirmât la délégation donnée à Thémon par le procureur Nicolas-Jean d'Upsal[1].

Les théologiens de la Sorbonne ne pouvaient se résoudre à reconnaître la prééminence du recteur; ils ne voulaient point admettre qu'on le nommât chef et supérieur de l'Université; à plusieurs reprises, ils s'étaient élevés contre les prérogatives de ce haut fonctionnaire; au début de l'année 1359, ils rédigèrent un exposé de leurs griefs qu'ils envoyèrent aux maîtres de la Faculté des Arts et des autres Facultés; ils demandaient aux maîtres de la Faculté de Droit de juger le litige; à leur défaut, ils en appelaient à la sentence du Pape[2].

Cette prétention des théologiens excita une grande rumeur dans l'Université, si nous en jugeons par le *Livre des Procureurs de la Nation anglaise.*

Le 14 février 1359, la Faculté des Arts tout entière, réunie près de l'église Saint-Julien-le-Pauvre, décide de déléguer quelques-uns de ses membres qui composeront une réponse au « rotulus » des théologiens; huit écus Philippe sont déboursés à cet effet; les quatre Nations se partagent également cette dépense et maître Thémon paye les deux écus dus par la Nation anglaise[3].

Ce premier débours ne pouvait suffire aux frais de la querelle soulevée par les récriminations des théologiens; le 25 février, la Faculté des Arts, assemblée de nouveau, décide que chaque Nation versera vingt écus pour couvrir ces frais et, en particulier, pour envoyer un député à la Curie d'Avignon; maître Thémon acquitte la contribution de la Nation anglaise à cette dépense[4].

1. *Auctarium,* tomus I, col. 219.
2. *Chartularium Universitatis Parisiensis* sub auspiciis Consilii generalis Facultatum Parisiensium collegit Henricus Denifle, O. P, auxiliante Æmilio Chatelain; n° 1246; Tomus III, pp. 61-69. Parisiis, ex typis fratrum Delalain, anno MDCCCLXXXXIIII.
3. *Auctarium,* tomus I, col. 241.
4. *Auctarium,* tomus I, col. 242.

Quels envoyés furent chargés de présenter au Pape les réponses que les Facultés opposaient aux doléances des théologiens? Nous l'ignorons; ces réponses furent vraisemblablement jointes au *rôle* que l'on envoyait périodiquement à Avignon et sur lequel se trouvaient consignés les noms des dignitaires et des maîtres de l'Université. Le 30 septembre 1359, l'assemblée de la Nation anglaise charge Thémon et Henri de Kempen de composer la partie du rôle qui la concerne; à l'unanimité, elle désigne Thémon pour porter ce rôle à Innocent VI, en compagnie des députés que les autres Nations ont élus ou qu'elles vont élire; rendant grâce de l'honneur qui lui était fait, le fils du Juif promet d'accomplir fidèlement les deux missions qui lui sont confiées et, en particulier, la seconde, pourvu du moins que le manque d'argent n'y mette point obstacle[1].

Thémon mena sans doute à bien son ambassade auprès du Pape, car, bientôt après, nous voyons la Nation anglaise lui en confier une autre, en des circonstances particulièrement marquantes.

Fait prisonnier à la bataille de Poitiers, Jean le Bon venait d'être rendu à la liberté par le traité de paix de Brétigny, signé le 8 mai 1360; l'entrée solennelle du roi à Paris était fixée au 13 décembre de la même année.

Le 3 novembre, après avoir convoqué l'Université entière auprès de l'église Saint-Mathurin, le recteur proposa d'envoyer au Pape, en signe de réjouissance, un *rôle* exceptionnel. Sur les instances des théologiens, on décida que ce rôle serait établi avec une rigueur toute particulière; seuls, les noms des véritables régents actuellement présents à Paris y seraient portés et le délai d'inscription serait clos irrévocablement le samedi suivant.

Le 10 novembre, la Faculté des Arts et la Nation anglaise s'assemblèrent auprès de l'église Saint-Julien-le-Pauvre pour nommer l'ambassadeur qui remettrait ce rôle extraordinaire aux mains d'Innocent VI; le choix se porta sur le fils du Juif;

1. *Auctarium*, tomus I, col. 252.

en outre, d'un commun accord, les maîtres de la Nation ouvrirent à leur élu un crédit de cent écus Jean.

Thémon accepta avec reconnaissance l'honneur qui lui était fait ; pour fêter l'élection dont il était l'objet, il emmena tous les maîtres de la Nation anglaise à une taverne voisine de l'hôtel *du Bon Jean l'apothicaire ;* et là, largement, on but à ses frais[1].

Cette joyeuse « beuverie » est le dernier trait de la vie de Thémon que rapporte le *Livre des Procureurs de la Nation anglaise*. Après son ambassade à Avignon, le fils du Juif n'appartint plus à la Faculté des Arts de l'Université de Paris. Que devint-il? Nous l'ignorons. La nuit qui enveloppa ses premières années nous dérobe aussi les dernières.

III

Quelques rapprochements entre les doctrines de Thémon et les pensées de Léonard de Vinci.

S'il est une théorie qui ait particulièrement sollicité l'attention de Thémon, le fils du Juif, c'est assurément celle de l'arc-en-ciel; elle tient une grande place dans son œuvre; dix-huit questions du troisième livre des Météores sont consacrées à l'étude de l'*Iris ;* ce que Thémon dit de ce phénomène passe de beaucoup tout ce qu'en ont dit non seulement les physiciens de l'Antiquité et les commentateurs arabes, mais encore, en la dernière partie du XIIIe siècle, les grands scolastiques, comme Albert le Grand et Roger Bacon, ou le célèbre opticien Witelo ; seules, les considérations développées par Thierry de Saxe, au début du XIVe siècle, au sujet de l'arc-en-ciel, peuvent être comparées aux raisonnements de Thémon, qu'elles ont peut-être inspirés et qu'elles dépassent en un point.

En fait, Thémon a expliqué d'une manière correcte la formation du premier arc-en-ciel; non seulement l'explication

1. *Auctarium,* tomus I, coll. 260-261.

qu'il a donnée est l'esquisse de celle que nous admettons aujourd'hui, mais encore celle-ci provient de celle-là; de Dominis, que l'on cite souvent comme ayant été, en cette matière, le précurseur de Descartes, ne fut qu'un plagiaire impudent et inintelligent de l'œuvre de Thémon; le vrai précurseur de Descartes, ce n'est pas de Dominis, c'est Thémon; et les *Questions sur les quatre livres des Météores*, composées par le vieux maître scolastique, étaient peut-être sous les yeux du grand philosophe lorsqu'il composait ses *Météores*.

Or, dans le cahier F, où Léonard de Vinci jetait, à peine ébauchées, les pensées que suggérait en lui la lecture d'Albert de Saxe ou du traité des *Météores* qu'il possédait à ce moment, une page entière[1] est consacrée à des réflexions sur l'arc-en-ciel. Il est difficile de parcourir cette page sans juger que les idées émises par Léonard se rapprochent étroitement de certains passages écrits par Thémon; et le rapprochement est d'autant plus frappant que certains de ces passages, très caractéristiques des *Questions* de Thémon, n'ont point leur analogue dans les divers commentaires sur les *Météores* qu'il nous a été donné de feuilleter.

Thémon se pose, entre autres, la question suivante[2] : « L'iris est-elle une forme réelle imprimée en la nuée, où n'est-elle qu'une forme imaginaire? » Parmi les réponses données à cette question se trouve celle-ci : « L'iris est une forme réelle imprimée en la nuée ou en la pluie; on le prouve : car elle est analogue à l'image qui se forme dans un miroir; or celle-ci est une forme réelle; donc, etc. » Un peu auparavant[3], notre auteur avait écrit : « L'expérience nous montre que nous pouvons voir l'iris naturel dans un miroir. » Ce sont visiblement ces deux passages qui ont inspiré à Léonard d'écrire ce fragment[4] :

« *De l'arc-en-ciel.* Si l'arc-en-ciel est engendré par l'œil (c'est-à-dire sa rondeur) ou par le soleil moyennant le nuage. »

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. F de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 67, verso.
2. Thimonis *Quæstiones in quatuor libros Metheorum;* in librum III quæstio XII.
3. Thimonis *Quæstiones in quatuor libros Metheorum;* in librum III quæstio XI.
4. Léonard de Vinci, *loc. cit.*

« Le miroir ne prend d'espèces que celles des corps visibles, et les espèces ne se produisent pas sans ces corps; donc si cet arc est vu dans le miroir et que les espèces y concourent qui ont pour origine cet arc-en-ciel, il suit que l'arc est engendré par le soleil et par le nuage. »

Si nous poursuivons la lecture de Thémon, nous rencontrons[1] le passage suivant :

« Lorsque apparaît l'iris naturel ou l'arc en ciel, ces quatre points (centre du soleil, centre de l'arc, centre de l'œil et centre du cercle de l'horizon) sont sur une même droite idéale... Il faut bien entendre que cette proposition se rapporte à un œil déterminé et au centre de l'horizon relatif à cet œil; si divers yeux se trouvent en des positions différentes, ils verront des arcs différents; mais pour chacun d'eux, ces quatre points se trouveront toujours en une même ligne droite. »

N'est-ce pas ce passage que Léonard nous présente sous cette forme[2] :

« L'arc-en-ciel est vu dans les pluies fines par les yeux qui ont le soleil derrière et le nuage devant, et toujours une ligne imaginée continuellement droite à partir du centre du soleil, en passant par le centre de l'œil, se terminera au centre de l'arc. Et un tel arc ne sera jamais vu par un des yeux au même endroit que par l'autre œil; il sera vu en autant d'endroits du nuage où il se forme qu'il y a d'yeux qui le voient. Donc cet arc est tout dans le nuage où il s'engendre et tout en chacun des endroits où il peut se trouver, et ainsi il paraîtra plus grand ou plus petit, demi, entier, double, triple. »

Plus tard, au cahier que Venturi a marqué de la lettre E, et dont la rédaction n'est point antérieure à 1513[3], Léonard résumait, en ces termes[4], les opinions que nous venons de lui voir énoncer :

« Les couleurs au milieu de l'arc se mêlent entre elles. »

1. Thimonis *Quæstiones in quatuor libros Metheorum;* in librum III quæstio XX.
2. Léonard de Vinci, *loc. cit.*
3. On y lit, en effet, le passage suivant : « Je partis de Milan pour Rome au jour 24 de septembre 1513, avec Jean, François de Melzi, Salaï, Laurent et le Fanfoïa. » (*Les manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 1, recto.)
4. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, verso de la couverture.

« L'arc en soi n'est ni dans la pluie, ni dans l'œil qui le voit, bien qu'il s'engendre avec de la pluie, du soleil et de l'œil. »

« L'arc céleste est toujours vu par les yeux qui s'interposent entre la pluie et le corps du soleil; donc le soleil étant à l'Orient et la pluie à l'Occident, l'arc s'engendre dans la pluie occidentale. »

Volontiers, en son étude de l'arc-en-ciel, Thémon invoque les observations faites sur des arcs-en-ciel obtenus artificiellement; c'est ainsi qu'il mentionne[1] « le petit arc-en-ciel qui se produit en hiver, ou pendant un temps froid et serein, en l'haleine émise par la bouche d'un homme, lorsque cet homme tourne le dos au soleil et la face vers l'ombre. » Or Léonard jette cette note en marge du feuillet que nous analysons : « Qu'on fasse encore avec l'eau soufflée dans le rayon solaire qui passe en lieu obscur, en ayant le soleil à la nuque, et aussi avec la lumière des torches ou de lune. »

Thémon observe[2] que l'arc-en-ciel artificiel n'est pas toujours de forme circulaire :

« Nous avons vu, » dit-il, « les couleurs de l'iris apparaître dans une foule d'autres expériences, sans prendre cependant la forme circulaire; elles apparaissent ainsi... lorsque l'on souffle l'haleine dans le rayon solaire qu'un trou laisse passer. » C'est la même pensée que Léonard exprime en cette note marginale : « Si deux sphères de métal envoient le rayon solaire en un lieu obscur, les eaux soufflées feront l'arc d'iris de figure longue. »

La page du cahier F où Léonard a consigné ses réflexions sur l'arc-en-ciel ne contient pas un mot que n'ait suggéré la lecture des *Questions* de Thémon.

Léonard paraît également avoir adopté, au sujet des marées, l'opinion de Thémon, qui est fort originale.

Thémon n'ignore pas[3] que beaucoup d'astronomes attribuent le phénomène de la marée à une action lunaire, que

1. Thimonis *Quæstiones in quatuor libros Metheorum;* in librum III quæstio XIV.
2. Thimonis *Quæstiones in quatuor libros Metheorum;* in librum III quæstio XIX.
3. Thimonis *Quæstiones in quatuor libros Metheorum;* in librum I quæstio I, et in librum II quæstio II.

cette action s'exerce par l'intermédiaire de la lumière ou qu'elle soit due à une influence spéciale; mais cette explication lui paraît sujette à bien des objections; il en esquisse une autre qui lui paraît préférable.

L'un des éléments de la théorie des marées proposée par Thémon lui est fourni par Aristote. Au second livre des *Météores,* le Stagirite affirme qu'il existe en mer des courants engendrés par la plus grande hauteur des eaux en certaines régions; la région septentrionale est celle où la surface de l'eau est la plus élevée, en sorte que l'Océan est le siège d'un courant continuel dirigé du nord au sud. Cette doctrine était généralement acceptée des scolastiques ; Albert le Grand, en particulier, l'avait longuement développée.

Thémon admet[1] cette opinion; il y joint une hypothèse qu'il déclare tirée « d'un certain traité du flux et du reflux de la mer » ; cette hypothèse est telle : « La mer s'enfle et entre en ébullition sous le parcours du soleil ; » de ces deux suppositions, il tire cette explication des marées[2] :

Tandis que le soleil se meut entre les tropiques, ses rayons tombent normalement sur la mer et l'échauffent violemment; l'eau qui se trouve exactement sous le soleil entre en ébullition exactement comme en une marmite placée sur le feu; elle s'enfle donc, produisant une extumescence qui se meut d'orient en occident comme le soleil. Pendant ce temps, dans les régions septentrionales, la lune dont la vertu est propre à créer l'eau, refroidit les vapeurs et produit une augmentation de la mer; ainsi se trouvent engendrées deux pleines mers, l'une par la raréfaction que détermine le soleil, l'autre par la génération d'eau qui provient de la lune.

Cette théorie peut nous sembler enfantine; elle n'en était pas moins en progrès sur toutes celles qui l'avaient précédée. Depuis Ptolémée, les astrologues expliquaient presque tous les vives-eaux des syzygies, les mortes-eaux des quadratures, en supposant que le soleil pouvait exalter ou atténuer l'influence de la lune suivant la position relative des deux astres.

1. Thimonis *Quæstiones in quatuor libros Metheorum;* in librum II quæstio I.
2. Thimonis *Quæstiones in quatuor libros Metheorum;* in librum II quæstio II.

Pour la première fois, avec Thémon, nous voyons la marée totale décomposée en deux marées partielles, de périodes différentes, dont l'une dépend de la marche de la lune et l'autre de la marche du soleil. L'idée sera reprise, au premier tiers du XVIe siècle, par Frédéric Grisogone de Zara[1], et cela pour ne plus être abandonnée.

Or, que cette curieuse théorie des marées ait attiré l'attention de Léonard de Vinci, nous n'en saurions douter lorsque nous lisons le passage suivant[2] :

« La mer sous l'équinoxe s'élève par la chaleur du soleil et prend mouvement, en toute partie de la colline ou partie de l'eau qui s'élève, pour donner l'égalité et rendre la perfection à sa sphère. »

C'est encore la même théorie qui suggère cet autre passage[3] inscrit en un cahier que Léonard composa, nous en aurons bientôt la preuve, postérieurement au cahier F :

« *Du mouvement de la mer toutes les six heures...* Si le chaud meut les humeurs, le froid les arrête, et où le froid est plus grand, se trouve une plus grande solidification d'humeurs.

» Si quelqu'un voulait dire que ce fût la lune, augmentatrice du froid, qui fît croître et décroître la mer toutes les six heures, cela paraît impossible pour les raisons ci-dessus énoncées. En effet, une chose étant semblable à une autre, elle n'attirera pas par ressemblance, mais par dissemblance; tu ne verras pas le feu chaud et sec attirer à lui le feu, mais bien au contraire, il attirera le froid et l'humide; tu ne vois pas l'eau attirée par d'autre eau. »

Léonard combat visiblement ici en faveur de la théorie du flux et du reflux proposée par Thémon, contre la doctrine qui attribue la marée à l'action sympathique de la lune, astre humide par excellence, sur les humeurs terrestres.

1. Federici Chrisogoni nobilis Jadertini *De artificioso modo collegiandi, pronosticandi et curandi febres et de prognosticis ægritudinum per dies criticos, necnon de humana felicitate, ac denique de fluxu et refluxu maris;* Venetiis, impr. a Joan. A. de Sabio, 1528.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. F de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 70, verso.

3. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 57, recto.

Plus tard encore, au cahier E[1], Léonard formule de nouveau sa croyance à une marée solaire :

« ... Décris... comment l'eau des mers équinoxiales est plus haute que les eaux septentrionales, et est plus haute sous le corps du soleil qu'en aucune autre partie de ce cercle équinoxial. »

Si nous nous proposions simplement d'établir que Léonard a lu les *Questions* compilées par Thémon, le fils du Juif, sur les *Météores* d'Aristote, il serait superflu d'insister; la preuve est faite. Mais nous voulons davantage ; notre objet est de suivre, en l'esprit du Vinci, le progrès de certaines pensées suggérées par la lecture du vieux maître de l'École nominaliste de Paris.

IV

La mer est-elle plus haute que la terre?

Nous allons, en effet, prendre quelques-unes des doctrines qui ont contribué à former le traité *Del moto e misura dell' acqua*, publié en 1826 par F. Cardinali, et nous allons retracer l'évolution par laquelle elles se sont développées au sein du génie de Léonard. Les notes manuscrites du grand peintre nous permettront de suivre pas à pas les démarches par lesquelles il s'est efforcé d'atteindre la vérité et, au cours de ces démarches, nous constaterons la continuité de l'influence exercée par Thémon. C'est la lecture de Thémon qui aura déposé le premier germe de la théorie au progrès de laquelle travaille Léonard; et si celui-ci s'écarte un moment des opinions du vieux maître scolastique, il ne tardera pas à revenir vers elles.

La mer est-elle plus élevée que la terre? Cette question était souvent agitée au sein des écoles du Moyen-Age. Les quatre éléments qui forment le monde sont, en allant du plus grave au plus léger, la terre, l'eau, l'air et le feu; ne convient-il pas

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 12, recto.

qu'ils se succèdent dans cet ordre à partir du centre de l'Univers? Et de même que le feu se trouve au-dessus de l'air, ne convient-il pas que la surface des mers soit plus distante du centre du monde que la surface de la terre ferme? Telle était l'opinion soutenue par Averroës.

Assurément, cette opinion avait rencontré, dès le Moyen-Age, de vigoureuses contradictions. Déjà au XIIIe siècle, Campanus de Novare soutenait que partout où la terre ferme émergeait, elle était plus distante du centre du monde et, partant, plus haute qne la surface des mers; la doctrine de la pesanteur exposée par Albert de Saxe prêtait son appui à l'affirmation de Campanus; nombreux étaient toutefois ceux qui tenaient pour la supposition d'Averroës; on la trouve, ouvertement professée, non seulement au XVe siècle, mais encore au milieu du XVIe siècle.

Thémon a développé[1] avec beaucoup de force l'opinion de Campanus; au cours de sa minutieuse discussion, nous lisons ce qui suit : « La surface qui termine les eaux de la mer est plus rapprochée du centre de l'Univers que la surface convexe de la terre sur laquelle nous nous trouvons; comme le remarque Aristote, cette proposition peut se constater expérimentalement; considérons, en effet, la surface d'une rivière qui se jette à la mer, de la Seine par exemple; aux lieux où nous nous trouvons, la terre est visiblement plus élevée, c'est-à-dire plus éloignée du centre du monde que la surface de l'eau de la rivière; mais au fur et à mesure que la rivière s'approche de la mer, la surface de ses eaux devient plus voisine du centre du monde; sinon, l'eau ne descendrait pas plutôt vers la mer que vers une autre région; puisque la mer reçoit cette rivière, c'est que la surface de la mer ne s'éloigne pas davantage du centre que l'eau de la rivière, mais, au contraire, qu'elle en est plus proche; la convexité de la mer est donc sûrement plus voisine du centre de l'Univers que la surface de la terre ferme où nous sommes. »

1. Thimonis *Quæstiones in quatuor libros Metheorum;* in librum I quæstio V (ap. edd. Parisiis 1516 vel 1518), vel quæstio VI (ap. ed. Venetiis 1522). La première question du premier livre en cette dernière édition manque dans les deux éditions données par Georges Lekert.

Ce passage était sans doute sous les yeux de Léonard lorsqu'il composait celui-ci[1], où il explique l'illusion qui fait, parfois, paraître la mer plus haute que la terre :

« Naturellement, jamais aucune partie de la terre que découvrent les eaux n'est plus basse que la surface de la sphère de l'eau. DB *(fig. 1)*, est une plaine où un fleuve court à la mer, cette plaine ayant pour terme la mer; en fait, cette plaine découverte n'est pas dans la position de l'égalité[2], puisque, s'il en était ainsi, le fleuve n'aurait pas de mouvement; puisqu'il se meut, cette position doit plutôt être dite plage que plaine. Ainsi la plaine DB confine de telle manière à la sphère de l'eau, que si l'on s'avançait en continuelle rectitude suivant BA, elle entrerait sous la mer; de là naît que la mer ACB paraît plus haute que la terre découverte. »

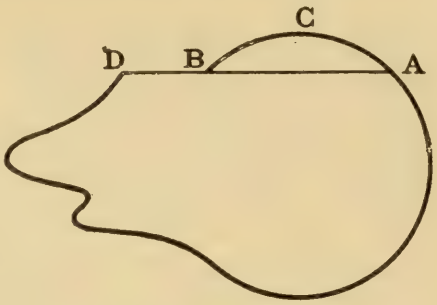


Fig. 1.

Chose curieuse, nous allons voir Léonard rejeter l'opinion qu'il soutient dans ce passage et admettre que la mer peut être plus élevée que les plus hautes montagnes; ses méditations sur l'origine des sources vont le conduire à cette singulière opinion.

Nous admettons aujourd'hui comme un fait d'évidence immédiate que les sources proviennent, pour la plupart, des eaux pluviales qui ont imbibé la terre et se sont infiltrées dans les fissures des roches. Cette vérité qui nous paraît si simple et si obvie, est, en réalité, une de celles qui ont eu le plus de peine à s'accréditer. Au premier livre des *Météores*, Aristote ne pense pas qu'une telle cause suffise à expliquer la masse des eaux qui sortent du flanc des montagnes et donnent naissance aux fleuves; il veut encore qu'une grande partie de ces eaux ait été vraiment engendrée au sein de la terre; Thémon par-

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. F de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 73, recto. — Ce passage est textuellement reproduit dans le traité *Del moto e misura dell' acqua*, libro primo, capitolo XIX.

2. C'est-à-dire : n'est pas horizontale.

tage cette opinion[1]; quant à Léonard, observateur si sagace de tout ce qui concerne les eaux courantes, il ne paraît pas, en tout ce qu'il a écrit touchant les sources, qu'il leur ait attribué un seul instant une origine pluviale.

Pline l'Ancien attribuait aux sources une autre origine qu'Aristote; il voulait[2] qu'elles vinssent de la mer : « La mer pénètre dans la terre entière, à l'intérieur, à l'extérieur, à la surface, par les veines et les canaux qui la sillonnent en tous sens; on la voit s'échapper des plus hauts sommets auxquels elle est parvenue comme par un siphon, grâce à l'effort des vents, à la pression produite par le poids des terres; bien loin donc que la mer ne risque de tomber, on en voit l'eau jaillir en tous les sommets, même les plus élevés; et par là on voit clairement pourquoi l'afflux quotidien d'un si grand nombre de fleuves ne fait pas croître la mer. »

Thémon[3] avait fort sagement réfuté les raisonnements que Pline avait tirés d'une Hydrostatique bien mal informée : « L'eau des sources ne monte pas aux orifices des fontaines, du moins en général, par suite de la pression des terres; si la terre était un fluide, ou bien encore si elle était entièrement imprégnée d'eau, elle pourrait comprimer l'eau et la faire monter; mais alors la terre entière descendrait peu à peu et finirait par être submergée... »

«... L'eau peut bien monter naturellement jusqu'au déversoir d'une fontaine, mais jamais elle ne peut monter plus haut que le lieu d'où elle vient; ce mouvement est simplement un effet de la vertu par laquelle un corps moins grave monte pour céder sa place à un corps plus grave. Cette vérité apparaît clairement par les expériences que nous fournissent les canaux et les aqueducs; jamais on ne peut conduire l'eau d'une source en un lieu plus élevé que son lieu d'origine. »

Léonard de Vinci est trop bon hydraulicien pour méconnaître la valeur des objections de Thémon contre l'hypothèse de Pline; il fonde d'ailleurs toute son Hydrostatique sur ce

1. Thimonis *Quæstiones in quatuor libros Metheorum;* in librum I quæstio XIX (ap. edd. Parisiis 1516 et 1518), vel quæstio XX (ap. ed. Venitiis 1522).
2. C. Plinii Secundi *Naturalis historiæ* liber II.
3. Thémon, *loc. cit.*

principe : « L'eau ne se meut pas d'elle-même si elle ne descend pas. » Cependant, il est séduit par cette hypothèse [1] qui attribue aux infiltrations des eaux de la mer l'origine des fleuves; il lui faut donc prouver que la mer, ou tout au moins quelqu'une de ses parties, est plus élevée que les sources les plus haut situées, partant que les cimes des plus grandes montagnes.

Il s'imagine, en effet, avoir obtenu de cette proposition une démonstration convaincante et, dans sa joie d'une telle découverte, il célèbre la supériorité de la méthode qui la lui a fournie, de l'observation directe de la nature, sur la lecture des livres qu'il tient de fra Bernardino [2].

« Si l'eau qui sourd par les hautes cimes des monts vient de la mer, dont le poids la pousse là-haut, afin qu'elle soit plus haute que ces monts, pourquoi une telle particule d'eau a-t-elle ainsi possibilité de s'élever à une si grande hauteur et de ne pénétrer la terre qu'avec tant de difficulté et de temps? Pourquoi n'a-t-il pas été accordé au reste de l'élément de l'eau de faire de même, lequel confine à l'air qui n'est pas pour lui résister, de telle manière que le tout ne s'élève pas à la même hauteur que la susdite partie? A toi qui as trouvé une telle invention, il revient d'apprendre de nouveau par l'observation de la nature; car tu te trouveras bientôt pris de court avec toutes les opinions dont tu as fait grande provision en lisant le fonds du frère, dont tu es possesseur [3]. »

Quelle est donc l'invention qui arrache à Léonard ce cri de joie et de triomphe? La voici en substance :

Un courant constant déverse les mers les unes dans les autres; ce courant suppose une pente; par suite de cette dénivellation, le niveau de certaines mers surpasse celui de l'Océan, plus que ce dernier n'est dominé par les plus hautes montagnes; ainsi, l'eau provenant de ces mers peut sourdre aux

1. N'oublions pas que Léonard possédait une *Histoire naturelle* de Pline parmi les livres dont le *Codice atlantico* nous a conservé la liste.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. F de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 74, verso.

3. La fin de ce passage est peu claire dans le manuscrit de Léonard ; nous l'avons légèrement paraphrasée, en suivant les indications données par M. Charles Ravaisson-Mollien.

sommets des monts les plus élevés. Voyons naître cette hypothèse en l'esprit de Léonard [1] :

« *On demande si un fleuve qui passe par un lac altère l'uniformité de la distance au centre du monde que présentait la surface de ce lac, avant que le fleuve passât par le susdit lac.*

» C'est là une belle question; et l'on prouve qu'une telle surface ne garde pas l'uniformité de sa distance au centre du monde lorsqu'elle donne passage au susdit fleuve, par la quatrième qui montre que l'eau ne se meut pas si elle ne descend pas. Et, ici, il faut entendre que la sortie du lac a une largeur semblable à celle de l'entrée; s'il en est ainsi, il est nécessaire que l'eau soit de cours uniforme, par la septième, qui montre que le mouvement de tout fleuve en temps égaux donne à toute partie de sa longueur un égal poids d'eau. Maintenant, si le fleuve émettait de l'eau qui voulût une brasse de descente par mille, la largeur de la sortie étant, comme il est dit, égale à la largeur de l'entrée, il est nécessaire que tout le fleuve qui passe par le lac ait, lui aussi, une brasse de descente par mille; ainsi donc l'eau d'un tel lac sera, à sa surface, à une distance variée du centre du monde. »

C'est là, selon le mot de Léonard, une belle question; mais la réponse est incomplète; la section du lac surpasse de beaucoup la section du fleuve; les vitesses d'écoulement du lac et du fleuve et, partant, les inclinaisons de leurs surfaces sont en raison inverse de ces sections; la pente de la surface du lac sera donc insensible. Cette remarque ruine d'avance toute l'argumentation de Léonard; mais n'y insistons pas; Léonard saura bien se corriger lui-même. Pour le moment, contentons-nous de suivre le développement de sa pensée et de reproduire la conséquence qu'il tire des considérations précédentes : « Il suit de là que la mer de Tana [2], qui confine au Tanaïs, est la plus haute partie qu'ait la mer Méditerranée; or elle est éloignée du détroit de Gibraltar de 3500 milles, comme montre la carte à naviguer, ce qui donne une descente de 3500 brasses,

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. F de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 68, verso, et fol. 68, recto. Cf. : *Del moto e misura dell'acqua,* libro I, cap. XII.

2. La mer d'Azow.

c'est-à-dire un mille et un sixième; cette mer est donc plus haute que tout mont d'Occident. »

Léonard revient un peu plus loin[1] à cette même conclusion :

« *Pourquoi l'eau est en haut des monts?* Du détroit de Gibraltar au Don, il y a 3500 milles, c'est-à-dire un mille et un sixième de différence de niveau, en donnant une brasse de descente par mille à toute eau qui se meut médiocrement; et la mer Caspienne est beaucoup plus haute; et aucun des monts d'Europe ne s'élève d'un mille au-dessus de la peau de nos mers; donc on pourrait dire que l'eau qui est aux cimes des monts vient de la hauteur des mers et des fleuves qui se déversent en ces mers, étant plus hauts qu'elles. »

Invoquer la dénivellation des mers pour expliquer la présence des sources à la cime des montagnes était assurément une idée nouvelle. Mais l'hypothèse même de cette dénivellation et de l'écoulement qui en résulte n'appartenait point en propre à Léonard; au second livre des *Météores*, Aristote l'avait très formellement énoncée : « Cet ensemble de mers qui aboutit aux colonnes d'Hercule, avait-il dit, écoule dans le sens de la déclivité terrestre les eaux que lui amènent une multitude de fleuves. Le Palus-Méotide coule dans le Pont-Euxin et le Pont-Euxin dans la mer Égée. L'écoulement des autres mers est moins visible. Cela est dû au grand nombre des fleuves, car le Palus-Méotide et le Pont-Euxin reçoivent plusieurs grands cours d'eau. Cela est dû aussi à la hauteur de la mer. La mer semble être d'autant plus basse qu'elle s'avance vers les colonnes d'Hercule. Le Pont-Euxin est plus bas que le Palus-Méotide; la mer Égée est plus basse que le Pont-Euxin; la mer de Sicile est plus basse que la mer Égée; la mer Tyrrhénienne et la mer de Sardaigne sont, de toutes, les plus basses; quant aux eaux qui se trouvent en dehors des Colonnes d'Hercule, elles sont comme en une cavité. De même que l'on voit les fleuves couler des lieux les plus élevés vers les lieux les plus bas, de même, dans l'Océan, un courant continuel s'établit des lieux les plus élevés

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. F de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 50, recto. — On observera que le ms. F a été, presque en entier, écrit à rebours; les feuillets qui portent les numéros les plus élevés doivent être lus les premiers.

de toute la Terre, qui sont les régions arctiques, vers les lieux les plus bas. »

Lorsque cette explication des sources qui coulent au sommet des montagnes s'était offerte à l'esprit de Léonard, il l'avait accueillie avec enthousiasme; il ne s'y tint pas longtemps; il ne tarda pas à la rejeter, avouant qu'il était absurde de supposer la mer plus élevée que la terre ferme.

Si, en effet, la dénivellation des mers est entretenue par l'eau qu'amènent des fleuves plus élevés que la plus haute des mers, il est impossible que ceux-ci tirent leur origine de la mer; il faut qu'ils viennent de certains réservoirs; mais ceux-ci ont dû s'épuiser au cours des siècles, et la surface des mers a dû redevenir horizontale. Telle est, en résumé, l'argumentation par laquelle Léonard dissipe l'illusion qui l'avait un instant séduit.

Voici en quels termes[1] il confesse et corrige son erreur :

« *Opinion de quelques-uns qui disent que l'eau de quelques mers est plus haute que les plus hauts sommets des montagnes et que l'eau est poussée vers ces sommets.* — L'eau n'ira d'un endroit dans un autre que si ce dernier est plus bas que le premier, et elle ne pourra jamais remonter par son courant naturel à une élévation égale à celle de la première place où, en sortant des monts, elle parut au ciel. Quant à cette partie de la mer que tu disais[2], avec une fausse imagination, être si haute qu'elle se déversât sur les cimes des hautes montagnes, elle serait, après tant de siècles, épuisée et écoulée par les issues de ces montagnes. Tu peux bien penser que, depuis tant de temps que le Tigre et l'Euphrate se sont déversés par les sommets des montagnes, on peut croire que toute l'eau de l'Océan a passé un très grand nombre de fois par les dites embouchures; or tu ne crois pas que le Nil ait mis plus d'eau dans la mer qu'il n'y en a à présent dans tout l'élément de l'eau. Il est certain que

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 56, recto et verso.

2. Ce passage nous permet d'affirmer que le ms. A est postérieur au ms. F; des rapprochements de ce genre permettraient, croyons-nous, de classer dans leur ordre chronologique la plupart des manuscrits de Léonard et de suivre, plus exactement qu'on ne l'a fait jusqu'ici, le développement de ses pensées.

si cette eau était tombée hors de ce corps de la terre, cette machine aurait été sans eau depuis longtemps déjà; en sorte que l'on peut conclure que l'eau va des fleuves à la mer et de la mer aux fleuves, en faisant toujours le même circuit, et que toute la mer et les fleuves ont passé par l'embouchure du Nil. »

Débarrassé de la « fausse imagination » qui avait, un instant, troublé son jugement, Léonard revient à la doctrine soutenue par Campanus de Novare, par Albert de Saxe, par Thémon, le fils du Juif, à l'affirmation que la surface de la terre ferme s'éloigne, plus que la surface de la mer, du centre du monde. A l'appui de cette affirmation, il accumule maintenant les raisons; et dans la forme passionnée qu'il donne parfois à ses arguments, on sent la joie qu'il éprouve d'avoir retrouvé la vérité, le désir de la sauver à jamais du doute :

« *Preuve*[1] *que la surface de la mer est équidistante au centre de la terre et est la plus basse surface du monde.* — Les parties les plus basses des montagnes sont où elles se rejoignent à leurs vallées; et la partie la plus basse d'une vallée est sa rivière, cause de cette vallée; les fleuves ont leur partie la plus basse à leur confluent avec le fleuve royal où, en perdant leur forme, ils perdent leur nom; enfin la partie la plus basse des fleuves royaux est la mer, où les fleuves, avec leurs affluents, se reposent de leurs pérégrinations. »

« *Du centre de l'océan*[2]. — Le centre de la sphère de l'eau est le vrai centre de notre monde. Celui-ci se compose de terre et d'eau, en forme ronde. Mais si tu voulais trouver le centre de l'élément de la terre, il est contenu en un lieu équidistant de la surface de l'Océan, et non pas équidistant de la surface de la terre ferme; car il est facile de comprendre que cette boule de la terre n'a vraiment rien d'une parfaite rondeur, sinon en ces parties que couvrent la mer, les lacs ou autres eaux mortes, et

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 56, verso.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 58, verso. Cf. : *Del moto e misura dell' acqua*, libro I, cap. IX.

toute partie de la terre qui émerge de la mer s'éloigne de son centre. »

« *Preuve*[1] *de ce que la terre n'est pas ronde et de ce que, n'étant pas ronde, elle ne peut pas avoir un commun centre.* — Nous voyons le Nil partir des régions méridionales et arroser diverses provinces, en courant vers le septentrion sur un espace de 3000 milles, puis se jeter dans les eaux méditerranéennes, sur les rivages d'Égypte ; or, si nous voulons donner à cette descente dix brasses par mille, qu'on accorde communément à l'universalité du cours des fleuves, nous trouverons que le Nil est, à la fin, plus bas de dix milles qu'au commencement. Nous voyons encore le Danube, le Rhin et le Rhône partir des contrées germaniques, comme d'une sorte de centre de l'Europe, pour prendre leur course vers les mers, l'un à l'orient, l'autre au septentrion, et le dernier vers les mers méridionales; si tu considères bien tout, tu verras que les plaines d'Europe font un concours beaucoup plus élevé que ne le sont les hautes cimes des monts maritimes; et figure-toi combien ces cimes sont elles-mêmes plus élevées que les rivages maritimes. »

« *De quelques-uns qui disent que l'eau est plus haute que la terre découverte.* — Certes, ce n'est pas peu d'admiration que me donne l'opinion commune formée, à l'encontre du vrai, par le concours universel des jugements des hommes ; ils tombent tous d'accord que la surface de la mer est plus haute que les plus hautes cimes des montagnes, en alléguant beaucoup de vaines et puériles raisons ; contre ces raisons, j'en alléguerai, moi, une seule, simple et courte : Nous voyons d'une manière évidente que si l'on ôte à la mer ses digues, elle couvrira la terre et la fera de parfaite rondeur ; or, considère quelle quantité de terre on enlèverait pour faire que les ondes marines couvrissent le monde ; donc ce qu'on enlèverait serait plus élevé que les rivages de la mer. »

1. Cf. : *Del moto e misura dell' acqua,* libro I, cap. X.

V

Comment l'eau peut sourdre au sommet des montagnes

En renonçant à la supposition qui plaçait le niveau de certaines mers plus haut que le sommet des montagnes, Léonard a rejeté la réponse qu'il donnait tout d'abord à cette question : Comment l'eau peut-elle sourdre aux cimes les plus élevées? S'il a abandonné sa première solution de ce problème, c'est qu'il en a trouvé une autre qui lui paraît meilleure.

Cette solution, Léonard la justifie par une comparaison; par la comparaison entre le corps de la Terre et le corps de l'homme; à cette comparaison il donne tant d'importance qu'il projette de la mettre en tête du *Traité de l'eau* qu'il a dessein d'écrire :

« *Commencement du Traité de l'eau*[1]. — L'homme est dit par les Anciens un petit monde, et certes cette épithète est bien placée. En effet, l'homme est composé de terre, d'eau, d'air et de feu; le corps de la Terre est de même. Si l'homme a en lui des os qui le soutiennent et une armature de chair, le monde a les roches qui supportent la terre. Si l'homme a en lui le lac du sang, où croît et décroît le poumon dans la respiration, le corps de la Terre a son océan qui, lui aussi, croît et décroît toutes les six heures avec la respiration du monde. Si dudit lac de sang dérivent les veines, qui vont se ramifiant dans le corps humain, de même l'océan remplit le corps de la Terre d'infinies veines d'eau. Il manque au corps de la Terre les nerfs, qui ne s'y trouvent pas, parce que les nerfs sont faits à l'intention du mouvement, et que le monde étant de perpétuelle stabilité, il n'y advient aucun mouvement; aucun mouvement n'y advenant, les nerfs n'y sont pas nécessaires. Mais en toutes choses, l'homme et le monde sont fort semblables. »

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 55, verso. Cf. : *Del moto e misura dell' acqua*, libro I, cap. XXXIX.

Suivons cette analogie : l'eau sourd au sommet des montagnes; le sang afflue à la tête de l'homme; ces deux effets semblables se doivent expliquer par des raisons semblables; aussi Léonard poursuit-il en ces termes[1] :

« *Des veines de l'eau au sommet des montagnes.* — Il apparaît clairement que toute la surface de l'océan, quand il ne subit aucune fortune, est également distante du centre de la Terre, et que les cimes des montagnes sont d'autant plus éloignées de ce centre qu'elles s'élèvent davantage au-dessus du centre de la surface de la mer. Donc si le corps de la Terre n'avait pas de ressemblance avec l'homme, il serait impossible que l'eau de la mer, qui est tellement plus basse que les montagnes, pût, par sa nature, monter au sommet de ces montagnes. D'où il est à croire que la raison qui retient le sang au sommet de la tête de l'homme est la même qui retient l'eau au sommet des montagnes. »

L'explication des deux phénomènes offre des difficultés toutes pareilles; l'un, comme l'autre, semble contredire à la tendance qu'ont tous les liquides, à leur commun désir de s'écouler des lieux élevés vers les lieux bas :

« Il semble[2] à première vue que si quelqu'un cassait le haut de la tête de l'homme, il ne devrait sortir que le sang qui se trouve entre les bords de cette cassure; en effet, toute chose pesante désire les lieux bas, le sang a un poids, et il paraît impossible que, de lui-même, il monte comme une chose aérienne et légère. Diras-tu que le poumon se dilate au sein du lac de sang quand ce poumon, dans la respiration, s'emplit d'air; qu'en se dégonflant, il chasse de ce lac le sang qui fuit dans les veines et les fait croître et gonfler; que c'est ce gonflement qui oblige le sang à s'échapper par la rupture du sommet de la tête? Cette opinion serait vite réfutée. Les veines, en effet, suffisent bien par elles-mêmes à fournir une commode retraite au sang qui afflue; celui-ci n'a pas besoin de déborder par la cassure de la tête, comme s'il manquait de place. »

1. Léonard de Vinci, *loc. cit.* Cf. *Del moto e misura dell' acqua*, libro I, cap. XXXVIII.
2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 56, verso.

Quelle est donc la cause qui, en dépit de la pesanteur, fait affluer le sang à la tête de l'homme? C'est la chaleur. La chaleur mêle à un corps pesant des parties de feu qui sont légères et dont la légèreté porte vers le haut le mixte ainsi composé :

« *Pourquoi ce sang fuit par le sommet de la tête*[1]. — Les parties spirituelles ont force de se mouvoir et d'associer à leur course les parties matérielles. Nous voyons le feu, moyennant la chaleur spirituelle, envoyer au-dessus de la cheminée, mêlées aux vapeurs et aux fumées, des matières terrestres et pesantes; ainsi en est-il pour la suie, que tu verras se réduire en cendres si tu la brûles. De même la chaleur mêlée au sang, désireuse de retourner à son élément, et trouvant à s'évaporer par la rupture de la tête, emporte en sa compagnie le sang auquel elle est infusée et mêlée... Le feu veut retourner à son élément et emporte avec lui les humeurs réchauffées, comme on le voit en distillant du vif argent dans un alambic; quand cet argent de si grande pesanteur sera mêlé à la chaleur du feu, tu le verras se soulever, monter en fumée, et aller retomber dans un second réceptacle, en reprenant sa première nature. »

On peut d'ailleurs constater que « le chaud rend légers les corps pesants » au moyen de cette « expérience » probante[2] :

« Si deux choses de poids égal sont placées sur la balance, celle qui sera embrasée sera plus légère que l'autre, qui est froide. »

« Tu feras cette épreuve au moyen de deux balles de cuivre attachées aux balances par deux fils de fer; tu mettras l'une des deux au feu que tu attiseras en soufflant; quand le feu l'aura portée au rouge, tu l'en retireras, afin que le poids ne soit pas soulevé par la vapeur chaude qui monte; tu verras alors que cette balle, qui avait même poids que l'autre lorsqu'elle était froide, est devenue plus légère par l'effet de la chaleur. »

C'est donc cette légèreté, effet de la chaleur, qui porte le sang jusqu'au sommet de la tête lorsque l'homme est en

1. Léonard de Vinci, *loc. cit.*
2. Léonard de Vinci, *loc. cit.*

vie; c'est elle aussi qui pousse l'eau jusqu'au sommet des montagnes :

« *Explication de la présence de l'eau au sommet des montagnes*[1]. — Je dis qu'elle est comme le sang, que la chaleur naturelle retient dans les veines, au sommet du corps de l'homme; quand l'homme est mort, le sang, refroidi, se réfugie dans les parties basses du corps; quand le soleil échauffe la tête de l'homme, le sang y afflue, mêlé d'humeurs, en telle abondance, qu'il force les veines et engendre souvent des douleurs de tête. De même, il est des veines qui vont se ramifiant dans tout le corps de la Terre; la chaleur de la Terre, répandue en tout ce corps continu, maintient l'eau élevée dans ces veines jusqu'aux plus hautes cimes des montagnes. L'eau que contient un conduit mûré, creusé dans le corps de la montagne, sera comme une chose morte; elle ne s'élèvera pas du tout, parce qu'elle n'est pas échauffée par la chaleur vitale de la première veine. La chaleur de l'élément du feu et, le jour, la chaleur du soleil, ont la puissance de la réveiller. »

Et Léonard d'imaginer[2] une expérience propre à confirmer cette explication : Au fond d'une sorte de fournaise se trouve de l'eau; un grand feu échauffe le sommet de cette fournaise, comme le soleil échauffe la cime des montagnes; l'eau s'élève en vapeurs au sein de la fournaise et, par un conduit percé non loin du sommet, elle distille au dehors :

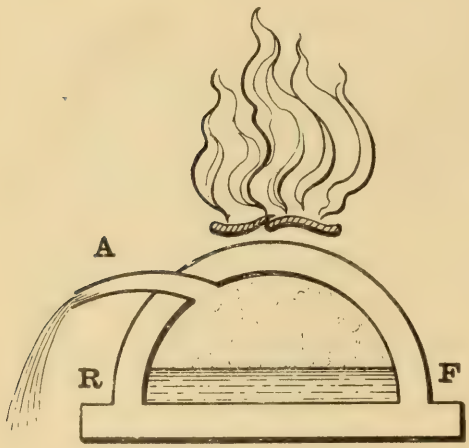


Fig. 2.

« Si tu prends l'instrument R F *(fig. 2)* et que tu l'échauffes par-dessus, l'eau quittera R F et, montant, se déversera par A. »

Toute cette Physique, bien surprenante pour notre science

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 56, recto. — Cf. : *Del moto e misura dell' acqua*, libro I, cap. XLI.

2. Léonard de Vinci, *loc. cit.* — Cf. : *Del moto e misura dell' acqua*, libro I, cap. XLI.

moderne, que Léonard développe avec tant de conviction, n'était point du tout, de sa part, une innovation; il l'avait presque entièrement tirée des enseignements d'une très ancienne Scolastique. En particulier, il expliquait exactement comme Albert le Grand la présence des sources au sommet des montagnes.

Aristote, qui ne voulait voir dans les eaux pluviales ni l'unique raison, ni la raison principale, des sources, attribuait en grande partie la génération de l'eau que celles-ci amènent au jour à une corruption d'air au sein des cavités dont la terre est creusée; il n'avait nullement invoqué l'action de la chaleur pour expliquer l'ascension de l'eau jusqu'aux sommets des monts; il semble bien que cette hypothèse soit la propriété de maître Albert, qui s'exprime en ces termes :

« L'eau est lourde plutôt que légère; par nature, elle descend vers les lieux bas; soit donc qu'elle provienne de la mer, soit qu'elle ait pour cause les impressions humides qui, d'en haut, tombent sur le sol, elle ne pourra s'élever du fond des cavités terrestres jusqu'aux orifices d'où découlent les fleuves et les sources. Pour résoudre cette difficulté, il suffit de nous rappeler ce qui a été dit plus haut. Nous avons dit que le soleil et les étoiles, par le mouvement continuel de leurs rayons, engendraient sous terre de très chaudes vapeurs; souvent, ces vapeurs demeurent enfermées entre des parois solides; elles sont poussées vers des cavités, où le soleil, en s'approchant de la terre, en engendre sans cesse de nouvelles quantités... »

« Voici donc comment l'eau s'élève. La vapeur contenue dans les cavités terrestres, en tourbillonnant sur elle-même, échauffe la voûte solide de la cavité où elle se trouve; la chaleur ainsi produite attire les eaux qui se trouvent au-dessous. Cette vapeur bout au sein des eaux; elle continue à tourbillonner entre les parois solides, et, semblable à un vent qui serait en-

1. Beati Alberti Magni, Ratisbonensis episcopi, ordinis prædicatorum... *de Meteoris libri IV*... recogniti per R. A. P. F. Petrum Iammy, sacræ theologiæ doctorem, conventus Gratianopolitani, ejusdem ordinis, nunc primum prodeunt. *Operum* tomus secundus. Lugduni, MDCLI. — Liber II Meteorum; Tractatus II : De origine fluminum; Caput XII : Et est digressio declarans hoc quod est elevans aquas ad ostia suorum fluxuum.

fermé, elle élève les eaux. Sa continuelle poussée finit par ouvrir quelque orifice au flanc de la montagne; l'eau s'échappe par cet orifice et se met à couler sur la pente qu'elle trouve à l'extérieur... Les eaux jaillissantes s'échappent ainsi des orifices des fontaines comme d'une marmite remplie d'un liquide en ébullition. »

Cette théorie d'Albert le Grand est bien celle que développe Léonard de Vinci; ce n'est pas cependant la lecture d'Albert le Grand, mais celle de Thémon, le fils du Juif, qui a suggéré à Léonard son explication de la présence de l'eau au flanc des montagnes.

Thémon, en effet, emprunte[1] à Albert le Grand l'essence de sa théorie; mais à l'appui de cette théorie, il cite des observations tirées de l'expérience de chaque jour; et ces observations, fournies par les phonomènes de distillation, sont précisément celles qu'invoque Léonard :

« Nous voyons qu'en un grand nombre de lieux, la terre est creusée de vastes cavernes; ces cavernes recueillent les eaux pluviales qui semblent s'être perdues; s'il n'en était pas ainsi, nous ne saurions où prendre les réservoirs d'où viennent les sources; il faut donc que ces cavernes existent. Comme ces cavernes ne peuvent être vides, elles sont remplies d'air ou de vapeur. D'autre part, la terre qui entoure cet air et cette vapeur est froide; elle détruit donc la chaleur de la vapeur et la condense; la vapeur, en effet, est humide; lorsqu'elle est refroidie, elle prend les propriétés de l'eau. Cette transformation de la vapeur en eau se produit peu à peu, engendrant des gouttes qui adhèrent aux parois de la caverne; goutte à goutte se forment des masses d'eau, qui finissent par descendre aux plus bas lieux, car la nature des fluides pesants est de toujours descendre. Ces eaux s'échappent enfin par un orifice et, de la sorte, une source est produite.

« Nous observons des effets semblables en des expériences artificielles; il en est ainsi, par exemple, dans l'alambic, qui est l'instrument propre à faire l'eau distillée, ou dans le

1. Thimonis *Quæstiones in quatuor libros Metheorum*; in librum I quæstio XX.

fourneau qui sert à fabriquer l'eau de rose. La vapeur monte au sommet du récipient; mais la froideur du vase et de l'air qui l'entoure condense cette vapeur; celle-ci découle aussitôt. »

Les expériences que Léonard invoque à l'appui de sa théorie sont empruntées aux *Questions* de Thémon; il leur doit également la comparaison, qu'il a développée avec tant de faveur, entre le macrocosme et le microcosme, entre la terre et l'homme; car Thémon continue en ces termes :

« L'explication précédente est confirmée par cela qu'il en est de même dans le petit monde (je veux dire dans l'homme) que dans le grand monde; dans le petit monde, il y a aussi une caverne, l'intérieur de la tête; les vapeurs s'élèvent vers cette cavité; elles s'y convertissent en eau et découlent par le nez et par les yeux. »

Ces passages suffiraient à nous prouver, si nous n'en étions convaincus par ailleurs, que Léonard a pris souvent les *Questions sur les Météores compilées par Thémon* comme guides de ses méditations.

Nous pouvons, d'ailleurs, indiquer assez exactement l'époque où Léonard a emprunté à Thémon son explication de l'origine des sources. Nous avons vu, en effet, qu'il n'acceptait point encore cette opinion lorsqu'il jetait ses pensées sur les feuillets du cahier F, commencé le 15 septembre 1508; le cahier A, où il la développe, est donc postérieur à cette date. D'autre part, cette théorie était, pour Léonard, définitivement acquise lorsqu'il écrivait le cahier E qui fut, sans doute, commencé en 1513, comme en témoignent ces lignes par lesquelles il débute : « Je partis de Milan pour Rome au jour 24 de septembre 1513. »

Feuilletons, en effet, ce cahier E; à côté de fragments[1] où Léonard reprend la théorie favorite d'Albert de Saxe, montre comment l'érosion fait sans cesse varier le centre de gravité de la Terre, et prouve par l'observation des fossiles les soulèvements qui témoignent de cette variation, nous trouvons

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 4, verso.

d'autres fragments où se reflètent les pensées de Thémon, celui-ci[1] par exemple :

« *De la grandeur qu'a la sphère de l'eau.* — La sphère de l'eau a une circonférence moindre que la terre découverte de l'eau, et pour mesurer cette sphère de l'eau, aie un espace connu de la mer quand elle est au calme. »

Nous trouvons surtout, en ce cahier E, un fragment capital[2]; Léonard y résume toutes les doctrines sur les relations de la terre et de l'eau que nous lui avons vu recueillir de l'enseignement de Thémon :

« *Ordre du premier livre des eaux.* — Définis d'abord quelles choses sont hauteur et bas-fond, puis comment sont situés les éléments l'un dans l'autre. Ensuite quelle chose est la gravité dense et la gravité liquide, mais d'abord quelles choses sont en soi gravité et légèreté. Puis décris pourquoi l'eau se meut et pourquoi elle termine son mouvement; puis pourquoi elle se fait plus lente ou rapide, et en outre comment elle descend toujours, étant limitrophe d'air plus bas qu'elle. Et comment l'eau s'élève en l'air, moyennant la chaleur du soleil, et puis retombe en pluie. Encore pourquoi l'eau sourd des cimes des monts. Et si l'eau d'aucune veine plus haute que la mer Océan peut verser une eau plus haute que la surface de cet Océan. Et comment toute l'eau qui retourne à l'Océan est plus haute que la sphère de l'eau. Et comment l'eau des mers équinoxiales est plus haute que les eaux septentrionales, et est plus haute sous le corps du Soleil qu'en aucune autre partie du cercle équinoxial. Comment on expérimente, sous la chaleur du tison ardent, l'eau qui, moyennant ce tison, bout et l'eau qui, tout autour du centre de cette ébullition, descend en onde circulaire. Et comment les eaux septentrionales sont plus basses que les autres mers, d'autant plus qu'elles sont plus froides, jusqu'à ce qu'elles se changent en glace. »

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 29, verso.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 12, recto.

MEDIAEVAL

VI

L'ÉCOULEMENT UNIFORME DES COURS D'EAU.

Léonard de Vinci, pour rendre compte de la présence de l'eau au flanc des montagnes, a fini par adopter l'explication proposée par Thémon le Juif, après Albert le Grand; il a renoncé à celle qui l'avait séduit tout d'abord. Il n'a pas abandonné cette dernière sans avoir reconnu le vice qui faussait son raisonnement et sans avoir substitué une vérité à sa première erreur.

La masse des eaux douces que reçoivent les mers méditerranéennes suppose un écoulement constant de ces mers vers l'Océan, partant un continuel abaissement de la surface depuis la mer d'Azow jusqu'au détroit de Gibraltar; telle est la supposition que Léonard emprunte à Aristote.

Léonard suppose également que la vitesse de l'écoulement de l'eau doit être partout la même, partant, que la pente de la surface doit être la même en tout point; en quoi il se trompe assurément. Lorsqu'un écoulement d'eau est parvenu à son régime permanent, la vitesse avec laquelle l'eau coule est en raison inverse de la section qui s'offre à son passage; très rapide dans les parties étroites et peu profondes du cours d'eau, le mouvement devient très lent là où la nappe d'eau a largeur et profondeur. Un courant insensible en la mer Méditerranée deviendra très sensible dans le détroit de Gibraltar.

Cette vérité n'avait point échappé à Aristote; lorsqu'au second livre des *Météores,* il traite du mouvement des mers, il remarque que « dans les détroits, la mer paraît couler grâce à la configuration des côtes qui, au lieu du large espace qu'elles lui laisseraient, la resserrent étroitement »; Aristote, il est vrai, semble donner pour origine à cet écoulement « le balancement qui, fréquemment, fait osciller la mer », c'est-à-dire la marée; il insiste sur ce point que « l'oscillation très petite au

large, paraîtra nécessairement fort grande dans les endroits où la terre laisse peu de place à la mer ».

Ce passage devait attirer l'attention de Léonard, d'autant que Thémon en avait cité[1] la phrase essentielle sous cette forme: « Fluit autem mare et videtur secundum angustias. — La mer coule et cela s'aperçoit dans les détroits. » Thémon attire, en outre, l'attention sur les mots « huc et illuc » qu'il lit dans Aristote et où il voit une allusion au flux et au reflux.

Léonard d'ailleurs, à l'époque où il lisait les *Météores* de Thémon, a songé à l'accroissement que l'amplitude d'une oscillation marine éprouve en un golfe resserré; nous en trouvons la preuve dans un curieux fragment[2] du cahier F; le Vinci y montre que « le flux et le reflux sont doubles dans un même *pelago* », entendant par ce mot un golfe qu'une étroite embouchure fait communiquer avec la pleine mer. « Cela a lieu parce que l'onde du premier flux court fortement dans le *pelago* et que dans le temps que cette onde suit son impeto, celle qui se trouve en dehors de la bouche fait son reflux; avant que l'onde qui s'est engolfée ressente l'effet du reflux qui s'est produit à l'embouchure, le flux renaît à cette bouche; à ce moment, la première onde engolfée ralentit son *impeto* et s'arrête tandis que s'engolfe la deuxième onde. Ainsi tant d'ondes s'engolfent que le niveau du *pelago* s'élève fortement; les eaux alors retournent impétueusement derrière le flot qui rétrograde; la troisième, la quatrième onde n'engolfent plus ce flot qui rétrograde, tant que la première eau ne s'est pas dégolfée. »

Celui qui s'efforçait d'analyser ainsi l'effet de la configuration des côtes sur les marées ne pouvait méconnaître bien longtemps l'influence que la largeur d'un cours d'eau exerce sur la violence du courant; il ne devait pas tarder à signaler cette influence et à en formuler la loi précise: Si le débit d'un cours d'eau est le même en toutes ses sections, la vitesse du courant est partout en raison inverse de l'aire de la section.

1. Thimonis *Quæstiones in quatuor libros Metheororum;* in librum II quaestio II.
2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. F de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 6, verso.

Si, par exemple, le lit du cours d'eau a, partout, même profondeur, la vitesse du courant sera en raison inverse de la largeur. Ce corollaire est le premier qui se présente à l'esprit de Léonard[1] :

« *Pourquoi la mer a plus de courant dans le détroit d'Espagne qu'ailleurs.* — Le fleuve de profondeur uniforme aura une fuite plus rapide dans la moindre largeur que dans la plus grande, d'autant que la plus grande largeur surpassera la moindre.

» Cette proposition se prouve clairement par raison et l'expérience la confirme. En effet, quand par un canal d'un mille de largeur passera un mille de longueur d'eau, là où le fleuve sera large de cinq milles, chacun de ces cinq milles carrés mettra un cinquième de lui-même à refaire le mille carré d'eau manquant dans le *pelago*.

» Et là où le fleuve sera large de trois milles, chacun de ces milles carrés mettra le tiers de sa quantité pour le défaut qu'a fait le mille carré du détroit. »

Pour rendre aisément saisissable cette proposition, Léonard imagine l'exemple suivant :

Imaginons une avenue formée de trois tronçons consécutifs, de largeurs différentes ; le premier tronçon, le plus étroit, est quatre fois moins large que le second, et celui-ci est deux fois moins large que le premier ; des hommes, serrés les uns contre les autres, emplissent ces avenues ; ils doivent marcher tous ensemble d'une manière continue ; quand les hommes qui se trouvent en la partie large de l'avenue font un pas, ceux qui se trouvent en la région moyenne en doivent faire deux et ceux du plus étroit espace, huit ; « proportion que tu trouveras dans tous les mouvements qui passent par des lieux de différentes largeurs. »

Ce qui vient d'être dit touchant le courant d'un fleuve de profondeur invariable, mais de largeur variable, Léonard le répète[2]

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien ; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 57, recto et verso. — Cf. : *Del moto e misura dell' acqua,* libro VIII, cap. XLI.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien ; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 57, verso. — Cf. : *Del moto e misura dell' acqua,* libro VIII, cap. XXIII.

d'un cours d'eau où une profondeur variable s'associe à une largeur uniforme:

« *Tout mouvement d'une eau de largeur et surface uniformes courra plus fort dans un endroit que dans un autre d'autant que cette eau sera moins profonde dans l'un que dans l'autre.* — Cette proposition se prouve clairement; en effet, bien que le fleuve soit de largeur et de surface uniformes, s'il est de profondeur inégale, il est nécessaire, par les raisons données ci-dessus, que son mouvement soit, lui aussi, inégal. Et ce mouvement sera de cette qualité : Je dis qu'en MN *(fig. 3)*, l'eau a un mouvement plus rapide qu'en AB, d'autant que MN entre en AB; il y entre quatre fois; le mouvement sera donc quatre fois plus rapide en MN qu'en AB, trois fois plus qu'en CD et deux fois plus qu'en EF. »

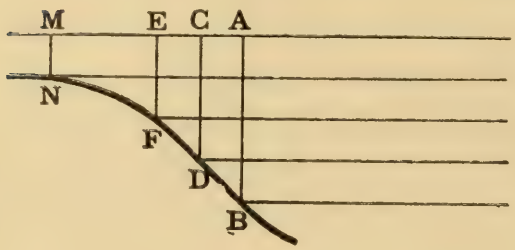


Fig. 3.

Léonard a donc rectifié l'erreur par laquelle il avait cru, tout d'abord, expliquer l'ascension de l'eau au sommet des montagnes ; en la rectifiant, il a clairement formulé un principe essentiel d'Hydraulique ; nous l'allons voir tirer de ce principe un corollaire important.

VII

L'invention du principe fondamental de l'Hydrostatique

Au moment où Léonard vient de formuler cette vérité : En un cours d'eau uniforme, de section variable, la vitesse du courant varie en raison inverse de la section; au moment où il vient d'expliquer cette vérité par un exemple saisissant, il ajoute[1] ces mots :

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien ; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 57, verso. Cf. : *Del moto e misura dell' acqua*, libro VIII, cap. XLI.

« Regarde la seringue; quand son piston, qui chasse l'eau, se meut d'un doigt, la première eau qui a paru au dehors s'est éloignée de deux brasses... Tu trouveras la même chose dans le mouvement des roues par rapport à leurs pignons, attendu que si le pôle de la roue est de même grosseur que le pignon, le mouvement du pignon et de la surface de la roue est plus rapide que celui de son pôle d'autant que la circonférence du pignon entre davantage dans la circonférence de la roue. » En marge de ces lignes, au-dessous d'une seringue, est dessinée une grande roue dentée qui engrène avec un pignon de même grosseur que l'axe de la roue.

Examinons de près la pensée que nous venons de transcrire, afin de reconnaître très exactement tous les germes de vérité qu'elle porte en elle.

Si la circonférence de la roue dentée est vingt fois plus grande que la circonférence de l'axe qui la porte, un point de la circonférence de la roue, un point du pignon qui engrène avec elle, se meuvent vingt fois plus vite qu'un point pris à la surface de l'axe; dans le temps que ce dernier parcourt un pouce de chemin, les deux premiers parcourent chacun vingt pouces.

Supposons que la roue soit mue, à la façon d'une horloge, par un poids dont le fil, enroulé sur l'axe de la roue, se dévide peu à peu; supposons aussi que, par un dispositif inverse, le pignon remonte un poids dont le fil s'enroule à sa surface; tandis que le premier poids descendra seulement d'un pouce, le second montera de vingt pouces.

Cette multiplication de vitesse entraîne une conséquence : le premier poids ne pourra descendre en contraignant le second à monter que s'il est plus de vingt fois plus lourd que celui-ci; si le poids qui doit descendre est exactement égal à vingt poids semblables à celui qui doit monter, aucun mouvement ne se produira; la puissance et la résistance se tiendront en équilibre; enfin, si le premier poids est moins de vingt fois plus grand que le second, le mouvement se produira en sens contraire; le poids dont le fil s'enroule sur le pignon descendra, forçant à monter le poids que porte l'axe de la roue.

Ces vérités étaient familières aux mécaniciens de l'Antiquité; elles jouaient un rôle essentiel dans les *Questions mécaniques* d'Aristote; Héron d'Alexandrie, en son traité nommé *L'élévateur*, en avait fait l'application aux engrenages de roues dentées et de pignons, et Pappus, en ses *Collections mathématiques*, avait reproduit cette partie de l'œuvre de Héron.

Comparons maintenant, comme Léonard nous y invite, les propriétés des engrenages à celles de la seringue.

Que la section de la canule par laquelle l'eau s'échappe soit cent fois plus petite que la section du corps de pompe; l'eau courra dans la canule cent fois plus vite que n'avance le piston. Imaginons alors qu'un second piston, cent fois plus petit que le premier, s'oppose à cette course cent fois plus rapide; il y parviendra sûrement pourvu que la force qui le pousse soit au moins égale à la centième partie de celle qui pousse le grand piston; et si la première force surpasse la centième partie de la seconde, c'est le petit piston qui avancera et le grand qui reculera. Nous pouvons donc formuler cette conclusion :

« Si un vaisseau plein d'eau, clos de toutes parts, a deux ouvertures, l'une centuple de l'autre; en mettant à chacune un piston qui lui soit juste, un homme poussant le petit piston égalera la force de cent hommes, qui pousseront celui qui est cent fois plus large, et en surmontera quatre-vingt-dix-neuf.

» Et quelque proportion qu'aient ces ouvertures, si les forces qu'on mettra sur les pistons sont comme les ouvertures, elles seront en équilibre. D'où il paraît qu'un vaisseau plein d'eau est un nouveau principe de mécanique, et une machine nouvelle pour multiplier les forces à tel degré qu'on voudra, puisqu'un homme, par ce moyen, pourra enlever tel fardeau qu'on lui proposera.

» Et l'on doit admirer qu'il se rencontre en cette machine nouvelle cet ordre constant qui se trouve en toutes les anciennes; savoir le levier, le tour, la vis sans fin, etc., qui est que le chemin est augmenté en même proportion que la force. Car il est visible que, comme une de ces ouvertures est

centuple de l'autre, si l'homme qui pousse le petit piston l'enfonçoit d'un pouce, il ne repousseroit l'autre que de la centième partie seulement;... de sorte que le chemin est au chemin comme la force est à la force; ce que l'on peut prendre même pour la vraie cause de cet effet: étant clair que c'est la même chose de faire faire un pouce de chemin à cent livres d'eau, que de faire faire cent pouces de chemin à une livre d'eau; et qu'ainsi lorsqu'une livre d'eau est tellement ajustée avec cent livres d'eau, que les cent livres ne puissent se remuer un pouce, qu'elles ne fassent remuer la livre de cent pouces, il faut qu'elles demeurent en équilibre, une livre ayant autant de force pour faire faire un pouce de chemin à cent livres, que cent livres pour faire faire un pouce à une livre. »

Ces lignes ne sont pas de Léonard; elles sont de Pascal[1]; et, cependant, elles forment la suite toute naturelle de la remarque énoncée par Léonard; tant il est vrai qu'en cette remarque le principe fondamental de l'Hydrostatique, le principe de Pascal, se trouve logiquement contenu!

Mais la vérité que cette remarque contenait en germe s'est-elle tout d'abord développée? A-t-elle produit, dans l'esprit même de Léonard de Vinci, les effets qu'elle contenait en puissance? Léonard, en d'autres termes, a-t-il précédé Pascal dans l'aperception du principe fondamental de l'Hydrostatique? La question est d'importance; elle mérite d'être examinée avec soin.

Et d'abord le génie de Léonard était-il préparé à apercevoir les conséquences dont sa remarque était capable? Nous allons reconnaître sans peine que son attention, pleinement éveillée, guettait en quelque sorte ces conséquences.

Dès les premiers feuillets du cahier A[2], nous voyons le Vinci préoccupé de la loi suivant laquelle une pression donnée se répartit en une masse fluide[3].

« Autant de fois la bouche A entre dans tout le vide du

1. Pascal, *Traité de l'équilibre des liqueurs*, chap. II.

2. A l'inverse du cahier F, qui a été presque entièrement écrit à rebours, le cahier A a été écrit, en général, dans l'ordre où il est paginé.

3. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 15, verso.

soufflet, en autant de parties le poids se divisera dans le soufflet ci-dessous figuré *(fig. 4)*. Ainsi, si nous disons que la bouche du soufflet entre 1000 fois dans la totalité de celui-ci, et que le poids qui le presse est, lui aussi, de 1000 livres, la bouche du soufflet aura pour sa part une seule livre de ce poids et les 999 autres parties du poids agiront sur les 999 parties du soufflet qui restent en sus de la bouche. »

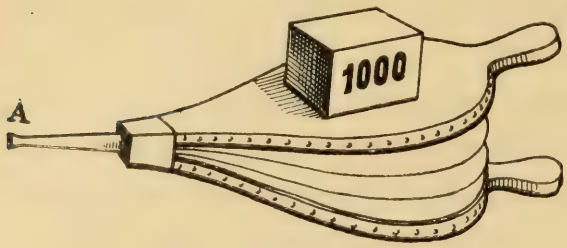


Fig. 4.

De la vérité à découvrir, Léonard n'a encore qu'une vue bien imprécise et bien incorrecte; il fait jouer aux volumes des diverses parties du fluide un rôle qu'une formule exacte eût attribué aux surfaces.

Cette même erreur se retrouve dans le passage suivant[1], où cependant, plus encore que dans le précédent, Léonard a entrevu le principe fondamental de l'Hydrostatique :

« *Le poids qui pressera sous lui une quantité d'eau moindre par rapport à lui-même, la chassera plus au-dessus de lui.* — Par exemple, si AB représente *(fig. 5)* onze brasses de pierre sur une brasse d'eau BC, toute la brasse inférieure est pressée par le poids superposé; donc, si une brasse d'eau a, sur elle, onze brasses de pierre, l'eau sautera onze fois plus haut que celle de la brasse EN *(fig. 6)* qui a

Fig. 6.

Fig. 5.

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien ; ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 45, recto.

sur elle seulement une brasse de pierre, car onze brasses d'eau ont sur elles onze brasses de pierre. »

Non seulement ce passage nous marque à quel point l'esprit de Léonard est attentif au problème de la distribution des pressions, mais encore il nous montre par quelle voie il en cherche la solution; cette solution, il souhaite visiblement de la tirer de l'égalité entre le travail moteur et le travail résistant, qui assure l'équilibre des machines simples; pour garants, nous en avons ces lignes, écrites immédiatement au-dessus de celles qui viennent d'être citées :

« Cette proportion qu'aura la longueur du levier avec son contre-levier, tu la trouveras de même dans la qualité de leurs poids, et semblablement dans la lenteur du mouvement et dans la qualité du chemin parcouru par leurs extrémités, quand ils seront parvenus à la hauteur permanente de leur pôle. »

Souci du problème à résoudre, intuition de la méthode qui en doit fournir la solution, rien ne manque à Léonard, au moment où il jette sur le papier la note que nous avons analysée, de ce qu'il faut pour développer les vérités que cette note implique. Assistons maintenant à ce développement.

C'est au cahier I, vraisemblablement postérieur au cahier A, que nous découvrirons les premières traces de ce développement.

Léonard y étudie[1] des instruments analogues à celui que Héron a décrit; ils se composent d'une série de roues dentées; chaque roue engrène avec un pignon solidaire de la roue suivante; une telle machine permet de multiplier indéfiniment la force qu'on lui applique : « Une livre de force en B a pour résultat dix mille milliers de millions de livres en M... Et sache que quand la première roue de dessus donne cent mille milliers de millions de tours, celle de dessous ne donne qu'un tour entier. Ce sont là des merveilles de l'art du génie mécanique. »

Ces réflexions voisinent, dans le même cahier, avec des

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien ; ms. I de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 57[9], verso.

considérations sur la pression hydrostatique; telle celle-ci[1], que reproduit le traité *Del moto e misura dell' acqua :*

« Il est dans la nature qu'un même conduit puisse jeter de l'eau loin de soi à une distance infinie; parce qu'infinie peut être la hauteur occupée par l'eau qui charge sur l'issue » par laquelle l'eau s'échappe. « Et à chaque degré de hauteur, le conduit acquiert un degré en la distance à laquelle il peut jeter. »

Qu'en ces sortes de multiplication de force, la puissance motrice obéisse toujours à la même loi; qu'elle ait toujours pour mesure le produit du poids moteur par la hauteur de chute, c'est une vérité qui est sans cesse présente à l'esprit du Vinci, qui le sollicite au moment même qu'il songe aux pressions hydrostatiques; c'est ainsi que le passage précédemment cité est, dans le cahier I, aussitôt suivi de celui-ci[2] :

« Si quelqu'un descend de marche en marche en faisant de l'une à l'autre un saut et que tu additionnes toutes les puissances des percussions et poids de tels sauts, tu trouveras qu'elles sont égales à la totalité de la percussion et du poids que donnerait un tel homme s'il tombait par ligne perpendiculaire de la tête au pied de la hauteur dudit escalier. »

C'est dans le traité *Del moto e misura dell' acqua* que nous pouvons contempler, parvenues à leur plein développement, les vérités dont les fragments précédents nous présentaient la première ébauche.

Le problème essentiel qui sollicite à maintes reprises l'attention de Léonard est le suivant :

Un corps de pompe cylindrique se relie par le bas à un conduit vertical également cylindrique; l'eau du corps de pompe *(bottino)* est pressé par un piston qui porte une charge *(contrappeso);* à quelle hauteur, dans le conduit vertical, l'eau s'élève-t-elle au-dessus de son niveau dans le corps de pompe ?

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. I de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 14, recto. — Cf. : *Del moto e misura dell' acqua,* libro VIII, cap. LV.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien; ms. I de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 14, verso.

La charge du piston peut être fort diverse; Léonard lui attribue visiblement une forme cylindrique, ce qui n'exclut pas toute diversité : « Les contrepoids [1] qui en pressant l'eau contenue dans le corps de pompe, chassent cette eau en haut sont de trois natures : de nature plus grave que l'eau, ou plus légère, ou égale. Ils sont aussi de trois formes : ou plus larges que la largeur du corps de pompe, ou plus étroits, ou égaux. »

En général, Léonard suppose que l'on remplace cette charge exercée sur le piston par un cylindre d'eau de même base et de même pesanteur que de « *contrappeso* ». Il fait constamment usage de cet artifice dans les énoncés que nous allons rapporter et où nous trouverons, sous des formes variées, l'affirmation bien claire du principe de Pascal.

La plupart des ces énoncés ont trait au cas où la charge du piston a précisément même section que le corps de pompe.

« L'eau qui est élevée par suite d'un degré quelconque de mouvement d'une autre eau [2] est plus mince que celle qui la meut dans le rapport même où elle est plus longue. Multiplie l'eau qui descend par sa hauteur de chute et divise [3] le produit par la hauteur à laquelle tu veux élever l'eau; le résultat est la quantité d'eau ultime et maximum que la pompe versera. Autant de fois la chute de l'eau entre dans la hauteur à laquelle on veut l'élever, autant de fois est plus subtile l'eau qui monte. »

« Le poids de l'eau [4] qu'un conduit quelconque élève au-dessus de son niveau a telle proportion à celle de l'autre eau [équivalente au *contrappeso*] qui la chasse qu'a la section du conduit à celle du corps de pompe d'où il sort, la section de l'eau qui presse étant supposée égale à celle de l'eau qui est pressée dans le corps de pompe. »

1. Léonard de Vinci, *Del moto e misura dell' acqua,* libro VIII, cap. LXXX (*Raccolta d'autori italiani che trattano del moto dell' acque;* edizione quarta; tomo X; Bologna, MDCCCXXVI).
2. Léonard de Vinci, *Del moto e misura dell' acqua,* libro VIII, cap. LVII.
3. Le texte dit : *multiplicala;* c'est visiblement un *lapsus calami.*
4. Léonard de Vinci, *Del moto e misura dell' acqua,* libro VIII, cap. LVIII.

« Si le contrepoids[1] a même section que l'eau comprimée dans le corps de pompe, telle est la fraction de ce contrepoids qui opère et pèse sur l'eau qui s'élève dans le conduit opposé qu'est [à cette commune section] la section du vide dudit conduit. »

Nous avons là l'énoncé du principe de Pascal, aussi formel, aussi précis qu'on peut l'attendre de notes désordonnées, hâtivement jetées sur le papier, dans la fièvre de l'invention.

Du principe ainsi posé, d'ailleurs, Léonard sait tirer des corollaires exacts ; telle la loi selon laquelle des liquides de densités diverses se superposent en des vases communiquants :

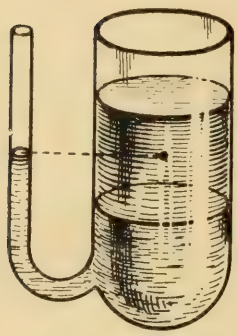


Fig. 7.

« Si l'huile est moitié plus légère que l'eau[2], cet instrument *(fig. 7)* aura d'un côté la surface de l'eau en regard du centre de gravité de l'huile ; et que les conduits soient variés en grosseur autant que l'on voudra, et que l'huile soit en telle quantité que l'on voudra, la règle se produira toujours dans l'ordre susdit. »

Pour rendre ses énoncés plus clairs, Léonard a attribué au *contrappeso* la forme d'un cylindre de même section que le corps de pompe ; mais il sait que cette restriction n'a rien d'essentiel à l'exactitude de la loi ; il sait comment il faut formuler cette loi si l'on veut la débarrasser de cette restriction :

« Si le contrepoids[3] est dix fois plus large que le *bottino* qu'il comprime, l'eau qu'il élève s'élèvera dix fois plus haut que la surface de l'eau équivalente au contrepoids. »

Le Vinci, d'ailleurs, ne perd jamais de vue le lien qu'ont toutes ces propositions avec l'égalité qui s'établit, en l'équilibre de toute machine, entre le travail moteur et le travail résistant :

« Il est impossible[4] que l'eau qui meut n'importe quel instru-

1. Léonard de Vinci, *Del moto e misura dell' acqua*, libro VIII, cap. LXXXII.
2. Léonard de Vinci, *Del moto e misura dell' acqua*, libro VIII, cap. LXXVIII. — Cf. : *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 70, verso.
3. Léonard de Vinci, *Del moto e misura dell' acqua*, libro VIII, cap. LXXXIII.
4. Léonard de Vinci, *Del moto e misura dell' acqua*, libro VIII, cap. LIX.

ment puisse élever, depuis le niveau où elle s'arrête jusqu'à la hauteur d'où elle est partie, une quantité d'eau plus grande que celle qui lui est semblable en poids. On le prouve par le chapitre LXXXIV[1], qui dit : Il est impossible qu'en un temps[2], si long soit-il, un poids qui descend tire un poids égal à lui-même à une hauteur égale à celle dont il est descendu. Donc, tais-toi, toi qui veux tirer un poids d'eau plus grand que le contrepoids qui la lève. En vérité, si tu lèves mille livres à une brasse, leur descente ne chassera environ que deux cents livres d'eau, et ne les chassera pas à plus de cinq brasses[3]. »

VIII

Comment le principe fondamental de l'Hydrostatique s'est transmis de Léonard de Vinci a Pascal. Giovanni Battista Benedetti et le P. Mersenne.

Que Léonard de Vinci ait clairement aperçu la loi selon laquelle la pression exercée sur un fluide est transmise par ce fluide, qu'il ait nettement formulé cette loi, qu'il ait reconnu le lien qui la rattache au principe général de l'égalité entre le travail moteur et le travail résistant, ce sont autant de propositions qui nous paraissent maintenant hors de doute. Il est certain que Léonard, en la découverte de ces vérités, a précédé Pascal de près d'un siècle et demi.

Ce point acquis, une nouvelle question se pose aussitôt à notre attention. Pascal a-t-il tout ignoré des découvertes faites par le Vinci, en sorte que ses propres trouvailles gardent leur entière originalité? A-t-il, au contraire, par le canal d'une tradition plus ou moins détournée, reçu quelque part des idées que Léonard avait émises au début du XVIe siècle? Ce problème mérite assurément de nous arrêter un moment.

Que les idées hâtivement jetées par Léonard sur les feuillets

1. Le texte dit, par erreur : *per la ottantesimaquinta.*
2. Léonard de Vinci, *Del moto e misura dell' acqua,* libro VIII, cap. LXXXIV.
3. Le texte dit, par erreur, *nove braccia.*

de ses cahiers aient grandement influé sur la pensée scientifique du XVIe siècle, c'est, croyons-nous, chose assurée. Nous avons dit ailleurs[1] à quel point la Statique de Cardan nous paraissait nourrie de la Statique de Léonard; nous verrons, dans une prochaine étude, que le célèbre mathématicien-astrologue avait fait à Léonard de Vinci bien d'autres emprunts; et, ici même[2], nous avons vu un des cahiers du Vinci passer, presque intact, dans l'œuvre de Villalpand, puis les *Exercices* mécaniques de Bernardino Baldi s'enrichir de toutes les pensées du grand peintre[3].

Cardan, Baldi et Villalpand ne sont sans doute point les seuls qui aient bénéficié de ce prodigieux amas de pensées inédites, bientôt livrées à tous les pillages. Parmi ceux qui en ont tiré parti, nous avons cru pouvoir ranger Giovanni Baptista Benedetti[4]. La mécanique qu'expose cet auteur paraît, en effet, presque entièrement tirée des manuscrits de Léonard.

Or le recueil d'écrits scientifiques divers publié en 1585 par Benedetti[5] contient une série de lettres adressées à Jean-Paul Capra de Novare, maître de l'hôtel du duc de Savoie; parmi ces lettres, où l'influence de Léonard se perçoit à plusieurs reprises, bien reconnaissable, il en est une[6] qui a pour objet « la machine qui pousse et soulève l'eau ». Voici les passages essentiels de cette lettre :

« Il ne faut point, en une fontaine, que le corps de pompe où pénètre le piston qui chasse l'eau ait un diamètre plus grand que celui du tuyau par où l'eau doit monter, et voici pourquoi : Si le premier diamètre était plus grand que le second, il faudrait que le poids du piston qui chasse l'eau fût beaucoup plus lourd que le volume d'eau capable de remplir un cylindre dont

1. P. Duhem, *Les origines de la Statique*, chapitre III, Jérôme Cardan (*Revue des questions scientifiques*, 3e série, t. IV, 1903).

2. Vide supra : II, *Léonard de Vinci et Villalpand.*

3. Vide supra : III, *Léonard de Vinci et Bernardino Baldi.*

4. P. Duhem, *Les origines de la Statique*, chapitre X (*Revue des Questions scientifiques*, 3e série, t. VI, 1904).

5. Jo. Baptistæ Benedicti, patritii Veneti, philosophi, *Diversarum speculationum mathematicarum et physicarum liber :* Taurini, MDLXXXV.

6. J.-B. Benedetti, *Diversarum speculationum liber*, p. 287.

la hauteur serait celle de la fontaine et la section celle du corps de pompe. »

« Soient, par exemple, F le conduit par lequel l'eau doit monter et A U *(fig. 8)* le corps de pompe; supposons le corps de pompe A U aussi élevé que le tuyau F et plus large que lui. Imaginons ces deux vases pleins à bord. Il est évident que l'eau du tuyau F suffira à résister à la poussée de l'eau du corps de pompe A U et réciproquement, bien que l'eau du vase A U surpasse en volume et en poids l'eau du vase F. Cela s'explique par ce fait que l'eau du vase A U ne pousse pas de tout son poids l'eau du tuyau F; le poids est divisé proportionnellement à la surface du fond du vase... »

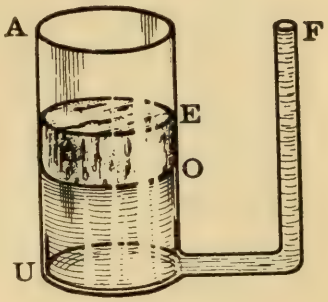


Fig. 8.

« Revenons aux vases A U et F. De même que l'eau contenue dans F suffit à résister à l'eau contenue dans A U, de même on pourra résister à cette dernière en remplaçant l'eau du conduit F par un poids égal de n'importe quelle matière, placé dans l'âme du tuyau F, pourvu seulement qu'il soit exactement adapté à la cavité interne du tuyau de sorte que ni l'eau ni l'air ne puissent passer entre la surface externe de ce piston et la surface interne du tuyau. Cela va de soi. Mais dans le corps de pompe A U, qui, par hypothèse, est plus large que le tuyau F, aucun piston ne pourra résister à la poussée de l'eau du tuyau F s'il n'est aussi lourd que toute l'eau contenue dans A U jusqu'à la hauteur du tuyau F. Si, par conséquent, l'eau du tuyau F pesait seulement une livre et si le corps de pompe A U était dix fois plus large que le tuyau F, il faudrait, pour soutenir l'eau du tuyau F, placer dans le corps de pompe A U un piston qui s'y adaptât exactement et dont le poids fût de dix livres; pour qu'il fût en état de pousser l'eau du tuyau F, il faudrait que ce piston pesât plus de dix livres. Imaginons que ce corps soit formé d'une matière tellement plus dense que l'eau qu'il occupe seulement le volume E O. Le corps pesant E O suffira à pousser l'eau du tuyau F, mais un corps plus léger n'y suffirait pas. »

Dans ce passage, Benedetti formule, au sujet de la pompe, exactement la loi qu'a énoncée Léonard de Vinci. Cette loi, Benedetti ne la tire pas, comme l'avait fait Léonard, de l'égalité entre le travail moteur et le travail résistant; en effet, la réaction qu'il mène contre les principes de l'École de Jordanus l'a conduit à rejeter toute démonstration fondée sur cet axiome; mais la déduction dont il fait usage était suffisamment esquissée par l'habitude qu'avait Léonard de substituer au piston, en ses énoncés, une masse d'eau de même poids[1]. Les considérations hydrostatiques de Benedetti sont donc toutes voisines encore de celles du Vinci. Et cependant, combien elles sont proches de celles que donnera Pascal! Benedetti a substitué un piston successivement à l'eau du vase étroit, puis à l'eau du vase large; si, réunissant ces deux substitutions, il eût placé simultanément un piston dans chacun des deux corps de pompe, il eût inventé la presse hydraulique; du moins a-t-il laissé bien peu de choses à faire à celui qui, l'ayant lu, imaginerait cet instrument.

Celui qui, ayant lu Benedetti, a imaginé la presse hydraulique, ce n'est pas Pascal, c'est Mersenne.

Que Mersenne ait lu le *Diversarum speculationum liber*, nous le savons par son témoignage. Ayant, en son *Harmonie universelle*[2], à user de la notion de moment d'une force pour traiter de l'équilibre de la balance, il ajoute ces mots : « Comme fait Jean Benoist dans son 3e chapitre sur les méchaniques. » Or l'écrit *De mechanicis* est une des parties principales du *Diversarum speculationum liber*.

Lors donc que Mersenne écrivait sur l'Hydrostatique, le souvenir de ce qu'en avait dit Benedetti se présentait sans doute à son esprit; il se mêlait au souvenir des écrits de Stevin, que

1. Léonard de Vinci, d'ailleurs, a, parfois, usé d'un raisonnement presque semblable à celui de Benedetti. — Cf. : *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, ms. E, fol. 74, verso — et *Del moto e misura dell' acqua*, libro VIII, cap. LXXVII.

2. *Harmonie universelle, contenant la théorie et la pratique de la musique, où est traité de la nature des sons, et des mouvemens, des consonances, des dissonances, des genres, des modes, de la composition, de la voix, des chants, et de toutes sortes d'instrumens harmoniques*, par F. Marin Mersenne, de l'ordre des Minimes; à Paris, chez Sebastien Cramoisy, MDCXXXVI. — *Nouvelles observations physiques et mathématiques*, Ve observation. p. 17.

le savant Minime avait, depuis longtemps, lus et résumés. On s'explique, dès lors, que des principes établis par Stevin, il ait pu tirer ce corollaire[1] :

« Supposons que la mer entière ait été enfermée dans un vase de telle sorte qu'un couvercle, pressant sa face supérieure, l'empêche de monter, tout comme le fond l'empêche de s'écouler; supposons, en outre, que l'on veuille immerger un bâton dans l'Océan; le couvercle ne pourra empêcher la mer de monter[2] à moins d'exercer une force qui contienne le poids du bâton autant de fois que la surface de l'Océan contient la section du bâton. »

« Si donc, par un trou percé dans le couvercle, ce bâton plongeait dans le vase précédemment décrit, le couvercle se trouverait pressé, de bas en haut, par l'eau qui se trouve au-dessous de lui avec autant de force qu'il le serait, de haut en bas, si on lui superposait un cylindre de bois ayant même hauteur que le bâton et même largeur que le vase où la mer est contenue. De plus, ce bâton et ce cylindre exerceraient même pression l'un que l'autre sur les parois latérales du vase. Si l'on perçait un trou dans le fond, ou dans le couvercle, ou dans les parois latérales, pour empêcher l'eau de s'échapper par ce trou, il faudrait une force égale au poids du cylindre » de bois ayant même hauteur que le bâton et même largeur que le trou.

Ces lignes étaient écrites en 1644. Or c'est seulement en 1646 que Pascal commença à s'occuper de recherches personnelles sur l'équilibre des fluides, à l'occasion de l'expérience célèbre de Torricelli, et c'est par le P. Mersenne que Pascal — il nous l'apprend lui-même[3] — avait ouï parler de cette observation. C'est « sur les Mémoires du P. Mersenne » qu'il refit à Rouen, en 1646, l'expérience du vif-argent, « laquelle ayant très bien réussi, » dit-il, « je la répétai plusieurs fois; et par

1. F. Marini Mersenni Minimi *Cogitata physico-mathematica*, in quibus tam naturæ quam artis effectus admirandi certissimis demonstrationibus explicantur; Parisiis, sumptibus Antonii Bertier, MDCXLIV; p. 228.

2. Le texte, hâtivement rédigé, comme la plupart des écrits de Mersenne, fait, en cet endroit, une confusion entre le couvercle et le bâton; la suite du texte suffit à dissiper cette confusion; nous avons, dans la traduction, rétabli le sens.

3. *Lettre de* Pascal *à M. de Ribeyre* (*Œuvres complètes de* Blaise Pascal, tome III, p. 72, Paris, Hachette, 1880).

cette fréquente répétition, m'étant assuré de sa vérité, j'en tirai des conséquences pour la preuve desquelles je fis de nouvelles expériences très différentes de celles-là. » C'est enfin dans le dernier ouvrage composé par le P. Mersenne que ces premières expériences de Blaise Pascal furent, tout d'abord, publiées[1]. Il est donc hors de doute que Pascal ait connu ce qu'en ses *Cogitata physico-mathematica*, le P. Mersenne avait écrit sur l'équilibre des liqueurs.

Par l'intermédiaire de Mersenne, Pascal s'était trouvé mis au courant des découvertes de Stevin; mais il avait, en outre, subi l'influence de Benedetti, et l'influence de Benedetti n'était autre, en dernière analyse, que celle de Léonard de Vinci.

IX

Comment le principe fondamental de l'Hydrostatique s'est transmis de Léonard a Pascal *(suite)*. Le P. Benedetto Castelli et Galilée.

Par Giovanni-Battista Benedetti et Mersenne, Pascal avait connu une partie des idées que Léonard avait conçues touchant la pression hydrostatique, mais il n'en avait connu qu'une partie. Le principe fondamental de la presse hydraulique, si clairement aperçu par le grand peintre, avait été recueilli par Benedetti. Mais Léonard ne s'était pas borné à formuler ce principe; il l'avait rattaché à un axiome d'une bien plus grande généralité, dont découle la Statique tout entière; il en avait fait un corollaire de l'égalité entre le travail moteur et le travail résistant, égalité qui caractérise toute machine en équilibre ou en régime permanent; cette réduction de l'Hydrostatique à une loi qui n'avait été appliquée jusque-là qu'à l'équilibre des poids solides suffirait à placer Léonard au premier rang des mécaniciens.

1. *Novarum observationum physico-mathematicarum* F. Marini Mersenni Minimi *tomus III, quibus accessit* Aristarchus Samius *de Mundi systemate;* Parisiis, sumptibus Antonii Bertier, MDCXLVII; p. 91.

Or, de cette puissante idée, toute trace a disparu dans la lettre de Benedetti; nous ne saurions, d'ailleurs, nous en étonner; fonder la science de l'équilibre sur l'égalité entre le travail moteur et le travail résistant est le propre de la méthode créée, au XIIIe siècle, par l'école de Jordanus de Nemore, et Benedetti était parmi les géomètres du XVIe siècle qui luttaient contre la tradition de Jordanus[1].

Et cependant, cette grande pensée que Benedetti n'a point transmise, Pascal la connaît et la formule avec une parfaite clarté. A la description de la presse hydraulique, nous l'avons entendu joindre cette observation : « Et l'on doit admirer qu'il se rencontre en cette machine nouvelle cet ordre constant qui se trouve en toutes les anciennes; savoir le levier, le tour, la vis sans fin, etc., qui est que le chemin est augmenté en même proportion que la force. » Le lien que Léonard avait établi entre l'Hydrostatique et la Statique des corps pesants, Pascal l'a-t-il donc retrouvé par ses propres méditations? Une telle découverte n'excédait assurément point la puissance de son génie. Il ne paraît pas, cependant, qu'elle soit née en son esprit par une génération toute spontanée, et sans qu'il en ait reçu aucun germe.

Au moment même où Pascal, sous l'influence du P. Mersenne, commençait à rechercher les raisons de l'équilibre des liqueurs, le Minime exposait[2] avec grand éloge quelques-unes des idées émises par Galilée « dans un subtil petit livre, écrit en italien, au sujet des corps plongés dans l'eau, livre que je voudrais voir lu par tous ceux qui aiment l'étude ».

L'ouvrage de Galilée, dont Mersenne propageait ainsi la renommée et les doctrines, avait été imprimé en 1612, à Florence, sous ce titre : *Discorso al Serenissimo Don Cosimo II, Gran Duca di Toscana, intorno alle cose che stanno in su l' acqua, o che ni quella si muovono, di Galileo Galilei, filosofo e matematico della medesima Altessa Serenissima.* Pascal, sans doute, avait

1. Cf. P. Duhem, *Les origines de la Statique.* Chapitre X : La réaction contre Jordanus; Guido Ubaldo, Benedetti; tome I, p. 209.

2. F. Mersenni Minimi *Cogitata physico-mathematica, in quibus tam naturæ quam artis effectus admirandi certissimis demonstrationibus explicantur;* Parisiis sumptibus Antonii Bertier, viâ Jacobeâ, MDCXLIV. Phænomena hydraulica, p. 195.

suivi le conseil que son religieux ami donnait à tous les gens studieux; il avait lu le *Discorso* de Galilée[1].

Or, dans ce discours, Pascal avait pu voir Galilée ramener les propriétés des corps flottants, connues depuis Archimède, à n'être que des corollaires du principe des vitesses virtuelles; il avait pu lire les raisonnements par lesquels le grand physicien de Pise appliquait ce principe à l'équilibre d'un liquide en deux vases communiquants de différentes grosseurs; une petite masse d'eau, contenue dans le vase étroit, peut faire équilibre à une grande masse, contenue dans le vase large, parce qu'un petit abaissement de celle-ci entraîne un grand soulèvement de celle-là. Ce raisonnement est exactement celui dont Pascal allait faire usage, en sorte qu'il marque, en l'œuvre du géomètre français, le sceau qui caractérise les pensées de Galilée; mais, non moins exactement, ce raisonnement est celui que Léonard a maintes fois employé; aussi nettement donc que l'influence de Galilée se reconnaît en l'œuvre de Pascal, l'influence du Vinci transparaît en celle de Galilée.

Qu'est-ce à dire? Galilée a-t-il eu en main une copie du traité *Del moto e misura dell' acqua?* Pourquoi non, et qu'est-ce que cette affirmation aurait d'invraisemblable? N'avons-nous pas vu[2] Bernardino Baldi, en ses *Exercices* sur les *Questions mécaniques* d'Aristote, faire à la science du Vinci les emprunts les plus larges et les plus variés, comme les plus nettement reconnaissables? Et Bernardino Baldi n'était-il pas un familier de Guidobaldo del Monte, que fut lui-même l'un des premiers maîtres et des premiers protecteurs de Galilée? N'est-il point, dès lors, fort naturel de penser que Galilée ait eu, directement ou indirectement, connaissance de certains fragments composés par Léonard et, en particulier, de quelques-unes des notes qui ont servi à former le *Del moto e misura dell' acqua?*

Que ces notes aient été connues parmi les géomètres et les

1. Sur la genèse du principe de Pascal, le lecteur trouvera des détails plus complets dans : P. Duhem, *Le principe de Pascal, essai historique* (*Revue générale des Sciences*, 16e année, p. 599, 15 juillet 1905).

2. Voir notre précédente étude sur *Léonard de Vinci et Bernardino Baldi* (*Bulletin Italien*, t. V, p. 309; 1905).

physiciens qui avaient commerce avec Galilée, on n'en peut guère douter, croyons-nous, lorsqu'on analyse l'œuvre du P. Benedetto Castelli.

Né à Brescia en 1577, mort à Rome eu 1644, après y avoir formé ces deux élèves de génie qui se nomment Cavalieri et Torricelli, le Bénédictin Benedetto Castelli fut le disciple et le fidèle ami de Galilée; le grand géomètre entretint avec le P. Castelli une longue correspondance, témoignage irrécusable de la confiance qu'il avait en lui; c'est au P. Castelli que le vieux géomètre, aveugle, malade et reclus en sa villa d'Arcetri, envoya le fruit de ses dernières réflexions sur la Dynamique, en lui recommandant de les faire insérer dans l'édition complète de ses œuvres lorsqu'on la publierait.

La communion intellectuelle de Galilée et du P. Castelli fut particulièrement intime en l'étude des problèmes que pose la Mécanique des fluides; cette communion se changea presque en collaboration.

Les raisonnements exposés par Galilée en son *Discorso* avaient été critiqués par Lodovico delle Colombe[1] et par Vincenzio di Grazia[2]. Le grand géomètre laissa au P. Castelli le soin de confondre ses deux contradicteurs; le savant religieux composa, en effet, une réfutation minutieuse[3] des objections soulevées par Lodovico delle Colombe et par Vicenzio di Grazia; en cette réfutation, il épousa si exactement les opinions de Galilée que plusieurs historiens croient devoir attribuer cette riposte au maître lui-même, et non pas à l'élève; l'élève se serait borné à prêter son nom.

Si le P. Castelli a eu connaissance des recherches de Léonard de Vinci sur l'Hydrostatique, il est bien vraisemblable que Galilée ne les a point ignorées.

1. *Discorso apologetico di* Lodovico delle Colombe, *d' intorno al Discorso del Sig. Galileo Galilei circa le cose che stanno in su l'acqua, o che in quella si muovono; siccome d' intorno all' aggiunte fatte dal medesimo Galileo nella seconda impressione.*

2. *Considerazioni di* M. Vicenzio di Grazia, *sopra il Discorso del Sig. Galileo Galilei intorno alle cose che stanno in su l'acqua, o che in quella si muovono.*

3. *Risposta alle opposizioni del Sig. Lodovico delle Colombe e del Sig. Vincenzio di Grazia, contra al Trattato del Signor Galileo Galilei delle cose che stanno sull' acqua, o che in quella si muovono.* All' Illustrissimo Sig. Enea Piccolomini Aragona, Signore Sticciano, ecc. Nella quale si contengono molte considerazioni filosofiche remote dalle vulgate opinioni. Firenze, 1615.

Or, en 1628, le P. Castelli publiait à Rome la première édition de son célèbre Traité sur la mesure des eaux courantes[1]. Cet ouvrage, qui, plus que tout autre, fit la réputation de son auteur, est tout entier consacré à l'exposé d'une vérité et à son application à l'étude des cours d'eau ; cette vérité, où nous reconnaissons une des idées essentielles de Léonard de Vinci, peut se formuler en ces termes :

Toutes les sections d'un même cours d'eau livrent passage, en même temps, à la même quantité d'eau; la vitesse de l'eau qui traverse une section est donc en raison inverse de l'aire de cette section.

Voici par quelle voie[2] Benedetto Castelli conduit l'esprit de son lecteur à l'acceptation de cette vérité :

« Pour expliquer tout cecy plus clairement par un exemple, il faut supposer un vaisseau plein d'eau, tel que seroit un tonneau, lequel demeure tousiours plein, bien que l'eau en sorte continuellement, et supposons que l'eau en sorte par deux robinets d'égale grosseur, dont l'un soit mis au haut du tonneau, et l'autre au bas ; il est certain que dans le mesme temps, dans lequel il sortira du robinet plus haut une certaine mesure d'eau, du plus bas il en sortira quatre, cinq, et davantage des mesmes mesures d'eau, selon que la différence de hauteur des robinets sera plus grande, et selon l'éloignement du robinet superieur de la surface et du niveau de l'eau qui est dans le tonneau ; et cela sera tousiours ainsi, bien que, comme il a esté dit, les robinets soient égaux, et que l'eau en sortant remplisse tousiours leur canal. D'où il faut remarquer premièrement que bien que la mesure des robinets soit esgale,

1. Benedetto Castelli, *Della misura dell' acque correnti...* In Roma, nella stamparia Camerale, 1628. — 2e édition : In Roma, per Francesco Cavalli, 1639. — 3e édition : *In questa terza edizione accresciuta del secondo libro, e di molte curiose scritture, non piu stampate.* All' Ill° et Rev° Signor Abbate Urbano Sacchetti. In Bologna, per gli hh. del Dozza, MDCLX. — *Traicté de la mesure des eaux courantes* de Benoist Castelli, religieux du Montcassin et mathématicien du Pape Urbain VIII ; traduit de l'Italien en François ; avec un *Discours de la jonction des Mers,* adressé à Messeigneurs les Commissaires deputez par sa Majesté ; ensemble un *Traicté du mouvement des eaux* d'Evangeliste Torricelli, mathématicien du Grand Duc de Toscane ; traduit du Latin en François. A Castres, par Bernard Barconda, Imprimeur du Roy, de la Chambre de l'Edict de ladite Ville et Diocèse. 1644. — Nos citations sont extraites de cette édition française.

2. Castelli, *Traicté de la mesure des eaux courantes,* p. 5.

néantmoins dans un temps égal il sort et passe par leurs trous une quantité inesgale d'eau. Et si nous considerons cecy plus attentivement, nous trouvons que l'eau qui sort par le robinet inferieur passe avec beaucoup plus de vitesse que ne fait celle qui sort par le robinet superieur, quelle qu'en soit la cause. Si doncques nous voulons qu'il sorte du robinet superieur la mesme quantité d'eau que l'inferieur en un temps egal, qui ne voit qu'il faudra multiplier les robinets de la partie superieure, et mettre au haut du tonneau un plus grand nombre de robinets, et d'autant plus grand que le robinet d'embas sera plus viste que celui d'en haut, ou bien faire le robinet superieur d'autant plus grand que l'inferieur, que l'inferieur est plus viste que le superieur. Et ainsi en un temps egal il sortira une esgale quantité d'eau du robinet superieur et de l'inferieur. Et partant, supposé ce raisonnement, nous pourrons dire que toutes les fois que deux robinets de différente vitesse ietteront une esgale quantité d'eau en temps esgaux, il faudra que le robinet moins viste soit plus gros, et ait le trou plus grand que le robinet plus viste, d'autant que le robinet plus viste surpasse en vistesse le moins viste... »

« Maintenant pour appliquer à nostre dessein tout ce que nous avons dit jusques icy, ie considere qu'estant très certain qu'en diverses parties d'une mesme rivière, ou canal d'eau courante, il passe tousiours en temps esgaux, une esgale quantité d'eau,... et estant encore vray qu'en diverses parties de la mesme rivière, il y peut avoir diverses vistesses, il s'en suivra par necessaire conséquence, que là où la rivière aura moins de vistesse, elle aura plus de mesure, et aux endroits où elle aura plus de vistesse, elle aura moins de mesure, et pour le dire en peu de mots, les vistesses des diverses parties de la mesme rivière auront éternellement la proportion reciproque avec leurs mesures. »

La proposition que le P. Benedetto Castelli vient de formuler est bien celle que nous avons vu Léonard inventer afin de se réfuter à lui-même les objections qu'il avait dressées contre la théorie des sources imaginée par Albert le Grand et soutenue par Thémon ; mais cette proposition, Castelli la doit-il à

Léonard? Au premier abord, il semble qu'il ne la lui ait pas empruntée, qu'il l'ait découverte seul et par ses propres efforts. Il est conduit, en effet, à énoncer cette proposition en observant que, toutes choses égales d'ailleurs, une ouverture percée dans la paroi d'un tonneau laisse échapper le liquide avec d'autant plus de vitesse qu'elle se trouve plus bas au-dessous de la surface du fluide. Or, ce n'est point par de telles considérations que Léonard a été amené à son important théorème, bien qu'il se soit préoccupé sans cesse de la loi qui relie la vitesse d'écoulement d'un fluide à la distance entre l'orifice et la surface libre, et que ses essais pour formuler cette loi, fréquents en la plupart de ses cahiers de notes, abondent au cahier A.

Mais la voie même que suit le P. Castelli pour montrer au lecteur que la vitesse d'un cours d'eau varie en raison inverse de l'aire de la section, marque, à tout prendre, l'influence exercée par les pensées de Léonard sur les recherches du savant Bénédictin.

Ouvrons, en effet, ce traité *Del moto e misura dell' acqua,* publié par Cardinali en 1828, et où se trouvent réunies la plupart des propositions d'Hydrostatique et d'Hydrodynamique dont les manuscrits de Léonard nous conservent les brouillons. Le livre huitième est intitulé : *Dell' oncia dell' acqua e delle canne.* Ce livre débute par la collection des fragments où Léonard a étudié les diverses circonstances qui règlent la vitesse d'écoulement d'un liquide par un orifice; puis il développe la loi qui lie la vitesse d'un cours d'eau à sa section; enfin il expose l'application du principe des vitesses virtuelles à l'Hydrostatique. Si le P. Castelli a eu en mains ce traité *Del moto e misura dell' acqua* ou quelque recueil analogue, n'est-il pas bien naturel qu'il ait suivi, en exposant l'idée de Léonard, la méthode qu'il a, en effet, adoptée? Et le choix de cette méthode qui, considérée en elle-même, peut paraître assez artificielle, ne trouve-t-il pas, dans ce rapprochement, sa plus satisfaisante explication?

Voici encore un rapprochement qui semble marquer, en l'œuvre de Castelli, l'empreinte des pensées de Léonard.

Dans le *Traité de la mesure des eaux courantes,* nous lisons ce passage[1] :

« *Corollaire cinquiesme.* De cette opération de la nature procède un autre effet digne de considération, qui est que le cours d'eau estant retardé, comme il a esté dit en ces dernières parties du torrent, s'il arrive que le torrent devienne trouble et que son eau soit retardée, en telle sorte qu'elle ne puisse pas emporter ces petites parties terrestres qui la rendent trouble, alors le torrent deviendra clair, en laissant tomber ces petites parties qui rehausseront le fond de son lict à l'endroit des dernières parties de son cours dans la rivière, et ce rehaussement et résidence des parties terrestres sera après emporté, lorsque la rivière s'abaissant le torrent reprendra sa première vitesse. »

Ce corollaire ne tient que par un lien assez lâche au reste de l'ouvrage du P. Castelli; il y paraît en quelque sorte accidentel; sa présence, en ce Traité, ne s'explique-t-elle pas par le désir de conserver une pensée de Léonard, que nous voyons, en ses notes, préoccupé sans cesse des phénomènes d'érosion et d'alluvion? N'est-on pas tenté, en particulier, de rapprocher ce *cinquiesme corollaire* du fragment suivant[2] : « *De l'atterrissement des marais.* Les atterrissements des marais seront faits quand on aura conduit dans ces marais les fleuves troubles. Ceci se prouve, parce que, où le fleuve court, il délaye le terrain, et où il se retarde, il laisse sa perturbation... »

Il nous paraît donc probable que le P. Benedetto Castelli a eu connaissance des recherches hydrauliques de Léonard de Vinci; nous avions déjà prouvé, par un rapprochement particulièrement saisissant, que Bernardino Baldi avait connu ces mêmes recherches, il serait, dès lors, de toute invraisemblance que Galilée les eût ignorées.

Lors donc que Pascal trouvait dans le *Discorso* de Galilée la méthode selon laquelle le principe des vitesses virtuelles doit être appliqué aux problèmes d'Hydrostatique, il subissait, en

1. Benoist Castelli, *Traicté de la mesure des eaux courantes*, p. 10.
2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci; ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 5, recto.

dernière analyse, l'influence des recherches du Vinci. C'est encore cette influence qui, par de longs détours, venait jusqu'à lui lorsque Benedetti et Mersenne lui suggéraient l'idée de la presse hydraulique.

Léonard avait aperçu la loi fondamentale de l'Hydrostatique; il avait reconnu comment elle devait être reliée aux principes de la Statique générale. Mais la vérité dont il avait eu la vue si pleine et si entière ne s'était plus montrée que fragmentée et morcelée à ceux qui s'étaient inspirés de ses notes; chacun d'eux en avait aperçu une partie, mais une partie seulement. La tradition qui avait pris source en ses découvertes n'avait point coulé, large et rapide, en un fleuve unique; elle s'était divisée en ruisselets multiples et appauvris. Voici qu'en Pascal, tous ces ruisselets confluent de nouveau pour former une doctrine qui suivra désormais un cours régulier.

VI

LÉONARD DE VINCI
CARDAN ET BERNARD PALISSY

LÉONARD DE VINCI
CARDAN ET BERNARD PALISSY

I

Cardan a-t-il pu plagier Léonard de Vinci?

Maintes fois, au cours de nos recherches sur l'histoire de la Mécanique[1], nous avons eu occasion de remarquer que les opinions professées par Cardan, tant en Statique qu'en Dynamique, ressemblaient étrangement aux idées émises sur les mêmes sujets par Léonard de Vinci. Cette ressemblance s'est manifestée à nous en des circonstances si nombreuses et si diverses que nous n'avons pas cru qu'elle fût explicable par une rencontre fortuite entre les pensées issues spontanément de ces deux génies; nous avons supposé que Cardan avait eu connaissance des notes manuscrites laissées par Léonard et qu'il n'avait point hésité à profiter des découvertes semées à profusion dans ces immortels brouillons.

Parmi ceux qui ont bien voulu lire nos écrits, il en est qui ne trouvent point cette supposition suffisamment assurée. Sans méconnaître l'analogie qui existe entre la Mécanique de Cardan et celle de Léonard, ils pensent que cette analogie peut résulter de l'accord spontané qui s'établit parfois entre deux esprits lorsque ces deux esprits, à l'insu l'un de l'autre, appliquent leurs méditations au même problème. Ils prisent trop haut le génie scientifique de Cardan pour admettre qu'il ait pu

1. P. Duhem, *Les origines de la Statique*, ch. III (t. I, p. 34) et ch. XV, § 8 (t. II, p. 104). — *De l'accélération produite par une force constante ; notes pour servir à l'histoire de la Dynamique*, § *V*. (Congrès international de Philosophie ; 2e session, tenue à Genève du 4 au 8 septembre 1904. *Rapports et comptes rendus*, p. 859.)

grossir son œuvre d'emprunts inavoués, trop semblables à des larcins. Ils remarquent enfin que les notes de Léonard, concises, obscures, écrites de droite à gauche, difficiles à déchiffrer et, parfois, non moins difficiles à interpréter, ne paraissaient guère propres à tenter le plagiaire. Ces raisons diverses et concordantes leur font croire que les aperçus sur la Statique et la Dynamique présentés en divers livres du *De Subtilitate* sont bien œuvres propres de Cardan, lors même que celui-ci, en les découvrant, n'a fait que retrouver ce que le Vinci avait déjà inventé.

Les objections que l'on peut élever à l'encontre de notre hypothèse ne sont point, croyons-nous, assez fortes pour nous contraindre à l'abandonner.

Sans doute, les notes que Léonard jetait sur le papier, dans la fièvre de l'invention, étaient écrites de droite à gauche, et peu de personnes pouvaient les déchiffrer couramment sans l'aide d'un miroir; ces notes, d'ailleurs, avaient trait aux sujets si divers qui, en un même moment, sollicitaient la pensée tumultueusement active du grand peintre; aussi les cahiers où, pêle-mêle, elles étaient enregistrées aussitôt qu'écloses offrent-ils presque toujours à nos yeux l'aspect d'un inexprimable désordre.

Mais, pour les renseigner sur les inventions du Vinci, les hommes du XVIe siècle avaient, en bien des cas, des documents d'un plus facile usage. Il existait des cahiers où toutes les pensées du grand peintre ayant trait à un même objet se trouvaient réunies, lisiblement transcrites et classées dans un ordre provisoire. Que Léonard ait lui-même composé de tels recueils, qu'il nommait des *Traités,* on n'en saurait douter; à chaque instant, ses notes nous renvoient à une proposition du *Traité des poids,* du *Traité de l'eau,* du *Traité du mouvement local;* cette proposition est désignée par le numéro qui marque sa place en ce traité; les discordances mêmes et les variations que, parfois, l'on peut noter en ces numérotages nous montrent que Léonard retouchait souvent ces ébauches de traités, qu'il modifiait l'ordre des propositions déjà rassemblées ou qu'il intercalait de nouvelles propositions.

Nous ne possédons point les manuscrits autographes de ces traités; mais, pour mieux répandre les innombrables trouvailles de celui qui lui avait légué ses écrits, François de Melzi fit tirer des copies des recueils où ses pensées se trouvaient réunies[1]; ces copies passèrent de main en main, trop souvent égarées, quelquefois recopiées par un lecteur plus soigneux; à des répliques de ce genre nous devons la conservation du *Trattato della pittura* et du *Trattato del moto e misura dell' acqua*.

Ces recueils de pensées de Léonard ne furent pas seulement lus et recopiés; ils furent impudemment plagiés. Benvenuto Cellini, dans son *Traité de Perspective*, ne nous apprend-il pas qu'il s'était rendu acquéreur de l'écrit du Vinci sur le même sujet, qu'il l'avait prêté à Sarlio, et que celui-ci en avait tiré ce qu'il y a de mieux dans son ouvrage? L'étude des œuvres de Villalpand et de Bernardino Baldi[2] ne nous a-t-elle pas montré ces deux auteurs reproduisant un grand nombre de théorèmes qui portaient, bien nette encore, la marque de leur génial inventeur?

Celui qu'étonnerait l'emploi de semblables procédés connaîtrait mal l'esprit du temps où vécut Sarlio, où vécurent Baldi et Villalpand. Le XVIe siècle, la première moitié du XVIIe siècle nous apparaissent, au cours de l'histoire des sciences, comme l'époque où le plagiat fut pratiqué avec la plus cynique impudence. C'est alors que l'on vit un Tartaglia composer toute sa Statique avec les écrits démarqués de l'École de Jordanus, un Giuntino copier de longues pages d'Albert de Saxe sans prononcer une seule fois le nom de l'auteur, un Taisner donner comme de lui, dans un même livre, et la lettre sur l'aimant de Pierre de Maricourt, et les recherches sur la chute des corps de Benedetti. Sans atteindre à ce degré d'impudence, les géomètres et les physiciens les plus illustres se montraient fort peu soucieux de la propriété d'une idée scientifique, du moins

1. Charles Ravaisson-Mollien, *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, t. I, p. 1; Paris, 1881.

2. Vide supra : II, *Léonard de Vinci et Villaloand;* III, *Léonard de Vinci et Bernardino Baldi.*

lorsqu'elle n'était point leur; ils taisaient sans scrupule les noms de ceux dont ils s'inspiraient, pour ne citer que leurs adversaires.

Ce mépris du droit de priorité s'affirmait même au sujet d'inventions que publiaient des manuscrits fort répandus, des livres plusieurs fois imprimés; il s'exerçait même à l'égard d'auteurs vivants; il serait bien étrange que les notes de Léonard de Vinci n'eussent point eu à en souffrir; elles offraient, en effet, au plagiaire une proie particulièrement assurée; de l'auteur, nulle réclamation à craindre, et la diffusion très restreinte de ses manuscrits garantissait contre tout démenti celui qui se prétendait l'inventeur de quelque découverte qu'il y avait lue.

Pour résister mieux que ses contemporains à la tentation que lui offraient les traités composés par Léonard; pour renoncer à enrichir ses œuvres et à accroître sa renommée des pensées que ces traités renfermaient, il eût fallu que Jérôme Cardan fût guidé par les règles d'une probité rigide, bien rare au temps où il vivait, ou bien qu'il ignorât les écrits du Vinci.

Or, en Jérôme Cardan, l'histoire ne nous révèle aucune trace de cette rigide probité; ses contemporains l'ont accusé de vices et soupçonné de crimes; et le plus récent comme le plus indulgent de ses biographes, M. Maurice Cantor[1], termine par ces mots la vivante étude qu'il a consacrée à Jérôme Cardan : « *Ein Genie doch kein Charakter* — Un génie, mais pas de caractère! »

Sa vanité, comme la médiocrité de son sens moral, condamnaient presque fatalement Cardan à plagier les découvertes de Léonard de Vinci, pourvu seulement qu'il les connût; or, il les a connues; nous en avons pour garant son propre témoignage.

Par deux fois, en ses livres *Sur la Subtilité*[2], Cardan cite

1. Moritz Cantor, *Hieronymus Cardanus, ein wissenschaftliches Lebensbild aus dem XVI Jahrhunderte (Atti del Congresso internazionale di Scienze storiche*, Roma, 1-9 Aprile 1903, vol. XII, p. 31).

2. Hieronymi Cardani, medici Mediolanensis, *De Subtilitate libri XXI*. Ad illustriss. Principem Ferrandum Gonzagam, Mediolanensis provinciæ Præfectum. Lugduni, apud Guglielmum Rouillium sub scuto Veneto. 1551. — *Les livres* de Hiérome Carda-

Léonard de Vinci. Ces deux citations se trouvent, rapprochées l'une de l'autre, au XVIIe livre.

En la première[1], Cardan indique les qualités multiples que le peintre doit posséder : « Le peintre est filosofe, architecte, et bon dissecteur ; l'excellente imitation de tout le corps humain le manifeste, jà commencée de longtems par Léonard Vincius Florentin, presque parachevée. » Cardan, nous le voyons par ce passage, connaissait cette admirable série de figures anatomiques dessinées par le Vinci et conservées aujourd'hui en la bibliothèque de Windsor.

Il connaissait également les inventions mécaniques de Léonard ou, tout au moins, ses essais d'aviation ; il nous dit[2], en effet : « Léonard Vincius, duquel j'ai parlé, s'est efforcé de voler, mais en vain ; il estoit grand peintre. »

Instruit des recherches anatomiques de Léonard, de ses essais pour imiter mécaniquement le vol des oiseaux, Cardan paraît bien avoir connu la multiplicité des problèmes en l'étude desquels se complaisait ce génie et avoir vu au moins une partie des notes où ses réflexions nous sont conservées.

Il serait étonnant, d'ailleurs, que les notes laissées par Léonard fussent demeurées inconnues de Girolamo Cardano, alors que le père de celui-ci, Fazio Cardano, était un familier du Vinci ; Léonard nous apprend lui-même[3] qu'il empruntait des livres au père de Cardan ; il tenait de lui « le livre de Giovanni Taverna » et « Les proportions d'Alchino[4] avec les considérations de Marliano » ; il étudiait les propres ouvrages

nus, médecin Milannois, *intitulés de la subtilité et subtiles inventions, ensemble les causes occultes et raisons d'icelles,* traduis de latin en françois par Richard le Blanc. A Paris, par Charles l'Angelier tenant sa boutique au premier pillier de la grand'salle du Palais. 1556.

1. Hieronymi Cardani *De Subtilitate libri XXI*, éd. 1551, p. 529. — Traduction de Richard le Blanc, éd. 1556, p. 318, verso.

2. Hieronymi Cardani *De Subtilitate libri XXI*, éd. 1551, p. 532. — Traduction de Richard le Blanc, éd. 1556, p. 322, recto.

3. *Il Codice atlantico* di Leonardo da Vinci *nella Biblioteca Ambrosiana* di Milano, riprodetto e pubblicato della Regia Accademia dei Lincei, sotto gli auspici e col sussidio del Re e del Governo. Ulrico Hoepli, Milano, MDCCCLXXXXIV, fol. 225, recto b (34). — Cf. Maria Baratta, *Leonardo da Vinci ed i Problemi della Terra*, Torino, 1903, p. 9.

4. Il s'agit, je pense, de l'ouvrage intitulé : Alexandri Achillini Bononiensis *De proportionibus motuum quaestio.* Cet ouvrage fut d'abord imprimé à Bologne, en 1494, par Benedictus Hectoris, sous le titre : *De distributionibus ac de proportione motuum.* Il

de Messer Fazio; celui-ci avait donné une édition de la perspective de John Peckham[1]; Léonard prit la peine de traduire en italien un passage de l'introduction dont Fazio Cardano avait doté cette édition[2].

Que si, désormais, nous constatons la plus étroite analogie entre la Mécanique professée par Jérôme Cardan et la Mécanique de Léonard, nous serions bien naïfs d'attribuer cette analogie à une coïncidence toute fortuite.

Ce n'est pas seulement entre la Mécanique de Cardan et celle de Léonard que l'on peut reconnaître de nombreux rapports; il est impossible de parcourir les vingt et un livres *De la Subtilité* sans y trouver de nombreuses réminiscences, les unes à demi effacées, les autres très nettes encore, des pensées que le grand peintre a émises en ses cahiers de notes. Ces réminiscences, nous ne pouvons les énumérer toutes en cet article; nous en signalerons seulement quelques-unes; nous choisirons celles qui témoignent du passage, entre les mains du médecin milanais, des deux cahiers, copiés par les soins de Melzi, qui sont venus jusqu'à nous : Le *Traité de la Peinture* et le *Trattato del moto e misura dell' acqua.*

a été reproduit dans les éditions des Alexandri Achillini Bononiensis *Opera omnia* données à Venise, en 1545, 1551 et 1568, par Hieronymus Scotus.

Quant à Jean Marliani, nous avons de lui un écrit intitulé : *De proportione motuum in velocitate questio subtilissima.* Colophon : Impressum Papie per Damianum de Comphalonerii de Binascho, die 16 Decembris Anni 1482. Amen. Cette question a été reproduite dans la collection des œuvres de Jean Marliani, publiée, sans date, par le même éditeur. Cette collection renferme encore une pièce intitulée : *Probatio cujusdam consequentie Calculatoris in de motu locali.* L'inscription portée par Léonard au verso de la couverture du cahier F, inscription mentionnée en notre étude sur *Albert de Saxe et Léonard de Vinci*, nous montre qu'en 1508, le grand peintre possédait un écrit qu'il intitule : Marliano, *De calculatione;* il s'agit vraisemblablement du second des deux ouvrages mentionnés ci-dessus; il est destiné à défendre Suisset, le *Calculator de motu locali*, d'une critique que lui adresse Achillini.

1. *Prospectiva communis* D. Johannis, Archiepiscopi Cantauriensis, fratris ordinis minorum, *ad unguem castigata* per eximium artium et medicinae ac juris utriusque doctorem ac mathematicum peritissimum D. Facium Cardanum Mediolanensem in venerabili colegio juris peritorum Mediolani residentem. (Sans nom d'imprimeur ni date d'impression.)

2. Léonard de Vinci, *Il Codice atlantico*, fol. 203 recto A. — Cf. Mario Baratta, *Op. cit.*, p. 272.

II

Des emprunts faits par Cardan au *Traité de la Peinture* de Léonard de Vinci.

Il est question de toutes choses en ces vingt et un livres *De la Subtilité,* qui furent l'un des ouvrages les plus lus au XVIe siècle et qui demeurent une des œuvres les plus curieuses de cette époque; il y est question, en particulier, et à plusieurs reprises, de la peinture et des couleurs. Les aptitudes de Cardan étaient assurément d'une extrême variété; géomètre, algébriste, physicien, astrologue, médecin, il a appliqué la souplesse de son génie aux objets les plus divers; nous ne voyons pas cependant, en lisant l'histoire de sa vie, qu'il se soit adonné aux beaux-arts; si donc il traite de la peinture, il n'en saurait rien dire qui soit issu de son expérience personnelle; il est naturel qu'il en parle d'après les enseignements de ceux qui ont pratiqué cet art.

Où donc Cardan cherchait-il inspiration lorsqu'il voulait parler du peintre? Il ne nous sera point malaisé de le deviner. Écoutons-le lorsqu'il déclare[1] que « la peinture est la plus subtile de tous les arts mécaniques, et la plus noble. Et la peinture fait chose plus admirable que la poterie ou la sculpture; la peinture adjouste les ombres, les couleurs, et s'ajoint la discipline spéculative en adjoustant quelques nouvelles inventions; car il faut que le peintre ait la cognoissance de toutes choses pource qu'il ensuit toutes choses; le peintre est filosofe, architecte et bon dissecteur; l'excellente imitation de tout le cors humain le manifeste, jà commencée de longtems par Léonard Vincius-Florentin, presque parachevée. » Lors même que Cardan n'eût pas nommé le Vinci, à la suite de ces réflexions, comme pour en mieux marquer l'origine, il nous eût été facile de deviner celui

1. Hieronymi Cardani *De Subtilitate libri XXI;* liber XVII; éd. 1551, p. 529. Traduction de Richard le Blanc, éd. 1556, p. 318, verso.

qui les avait inspirées; à la supériorité de la peinture sur les autres arts plastiques, à l'effort intellectuel que le peintre doit donner avec plus de puissance et d'intensité que le sculpteur, la pensée de Léonard revient sans cesse avec complaisance; surtout, il aime à répéter que le peintre doit être un esprit universel : « Le peintre[1] doit commencer par se rendre bon perspectif, et puis s'acquérir une connaissance entière des mesures du corps humain; il doit estre encore bon architecte, pour le moins en ce qui concerne la régularité extérieure d'un édifice et de toutes ses parties; et aux choses dont il n'a pas la pratique, il ne faut point qu'il néglige d'aller voir et dessigner sur le naturel. »

Le peintre doit donc être bon « perspectif » et, tout d'abord, il doit savoir placer exactement la ligne d'horizon de son tableau par rapport aux figures humaines qui s'y trouvent représentées. Voici la règle que Cardan[2] donne à cet effet : « Mais cependant souvienne toi que tu observes le lieu de la veuë égale; c'est le chef de la figure humaine, quand l'homme est peint en un petit tableau; car l'œil jugera tout ce qui sera veu dessous, estre bas; et tout ce qui sera dessus, estre haut. » Cette règle est aussi celle que nous trouvons, plusieurs fois répétée, dans le *Traité de la Peinture :* « Celuy[3] qui desseigne sur le relief doit s'accomoder de telle sorte que son œil soit au niveau de celuy de la figure qu'il imite. » — « Le point perspectif[4] doit estre mis au niveau de l'œil d'un homme de taille ordinaire, sur la ligne qui fait confiner le plan avec l'horizon, de laquelle ligne la hauteur doit estre esgalle à celle de l'extrémité du plan joignant l'horizon, sans néantmoins y comprendre les montagnes, lesquelles sont libres. »

Le peintre possède d'ailleurs un moyen très efficace de découvrir les fautes qu'il aurait commises contre les lois de la

1. *Traité de la Peinture* de Léonard de Vinci, donné au public et traduit de l'italien par R. F. S. D. C. [Roland Fréart, sieur de Chambray]; à Paris, de l'imprimerie de Jacques Langlois, MDCLI, ch. CCLXXIV, p. 89.

2. Hieronymi Cardani *De Subtilitate libri XXI;* liber IV; éd. 1551, p. 185. Traduction de Richard le Blanc, éd. 1556, p. 92, recto.

3. *Traité de la Peinture* de Léonard de Vinci, ch. XXXI : De la manière de desseigner sur la bosse ou d'après nature; éd. 1651, p. 8.

4. *Traité de la Peinture* de Léonard de Vinci, ch. CCLXXXI : A quelle hauteur on doit mettre le poinct de veuë; éd. 1651, p. 92.

perspective; c'est d'examiner l'image de son ouvrage réfléchie dans un miroir plan. Cardan préconise[1] l'emploi de ce procédé : « Par mesme moien presque les peintures doivent estre éprouvées au miroir. Car le miroir découvre plusieurs choses qui estoient latentes, entendu qu'il monstre les choses qui sont à l'opposite. » Léonard le recommande également[2] : « En travaillant, le peintre doit tenir devant luy un miroir plat, et considérer souvent son ouvrage dans ce miroir, qui le luy représentera tout au rebours, et semblera de la main d'un autre maistre, de sorte que par ce moyen il pourra mieux remarquer ses fautes. »

Léonard a étudié avec une admirable sagacité les diverses impressions qu'engendre en notre œil la juxtaposition de couleurs diverses; Cardan reproduit plus ou moins clairement presque tout ce qu'il en avait dit.

Voici d'abord le phénomène de l'irradiation, qui agrandit une figure claire placée sur un fond sombre, qui, par contre, diminue une figure de nuance foncée tracée sur un fond clair. A ce phénomène, le *Traité de la Peinture* fait allusion[3] en ces termes : « La chose qui sera veuë en un air obscur et bruineux estant blanche paroistra plus grande qu'elle n'est pas; ce qui arrive parce que comme il a esté dit cy-dessus : La chose claire semble s'augmenter dans un champ obscur, par les raisons cy-devant déduites. » Les livres *De la Subtilité* décrivent aussi[4] les effets de l'irradiation : « Certes la couleur blanche monstre les choses moindres qu'elles ne sont, comme la noire les monstre plus grandes. Les livres imprimés le démonstrent, desquels tant plus l'encre est claire, tant plus elle fait les lettres sembler estre moindres. » Seulement, dans sa hâte à reproduire les enseignements qu'il avait tirés des notes du

1. Hieronymi Cardani *De Subtilitate libri XXI;* liber IV, éd. 1551, p. 186. Traduction de Richard le Blanc, éd. 1556, p. 92, recto.

2. *Traité de la Peinture* de Léonard de Vinci; ch. CCLXXIV : Comment un peintre doit examiner et juger luy mesme de son propre ouvrage; éd. 1651, p. 89.

3. *Traité de la Peinture* de Léonard de Vinci; ch. CLXII : Des couleurs; éd. 1651, p. 52.

4. Hieronymi Cardani *De Subtilitate libri XXI;* liber XVII. Le passage dont il est ici question ne se trouve pas en la première édition (1551) de l'ouvrage; il a été introduit par Cardan en la seconde édition sur laquelle a été faite la traduction de Richard le Blanc; en celle-ci, il se trouve à la page 319, verso.

Vinci, Cardan écrit tout le contraire de ces enseignements et de la vérité.

Ce cas n'est pas le seul où il lui soit arrivé d'altérer et de fausser les résultats exacts des observations de Léonard. Considérons, par exemple, ce passage[1] où le grand peintre décrit si finement certains effets observés en l'association des diverses couleurs :

« Or prenez garde que si vous voulez représenter une excellente obscurité, il faut lui donner en parangon une excellente blancheur, et ainsi pour une blancheur excellente luy opposer une grande obscurité; de mesme le jaune pasle relesvera et fera paraistre le rouge de couleur plus vive et plus allumée qu'il ne seroit pas de luy-mesme en parangon du violet. Il y a une autre règle par laquelle on n'a pas dessein de rendre les couleurs plus hautes et plus éclatantes qu'elles ne sont naturellement, mais en les accompagnant et assortissant ensemble, elles s'entredonnent de la grâce, comme fait le verd au rouge, et tout au contraire aussi, le verd est antipathique au bleu. Il y a encore un second moyen de produire et faire naistre la grâce aux couleurs par l'union et par l'assortiment de celles qui ont de la sympathie ensemble, comme de l'azur avec le jaune qui est fort pasle, ou avec le blanc, et d'autres semblables, dont nous parlerons en temps et lieu. »

Du passage qui vient d'être cité, rapprochons celui-ci[2] :

« Or pour retourner à la peinture, les couleurs ne doivent estre disposées en la légère; mais si les obscures ont lieu entre les claires, les claires entre les obscures, elles donnent grâce et ornement à la peinture; pourtant, la rouge couleur doit estre entremeslée entre la bleue et la verde, la blanche entre la grise et la jaune. »

Il est évident que le second passage est une sorte de résumé du premier; mais par désir d'abréger, et sans doute aussi par incompétence en ces matières, Cardan brouille et confond tout

1. *Traité de la Peinture* de Léonard de Vinci, ch. LXXXXIX : Comment il faut accompagner les couleurs l'une avec l'autre en sorte que l'une donne de la grâce à l'autre; éd. 1651, p. 31.

2. Hieronymi Cardani *De Subtilitate libri XXI*, liber IV; éd. 1551, p. 186. Traduction de Richard le Blanc, éd. 1556, p. 92, verso.

ce que Léonard avait soigneusement distingué; Léonard, par exemple, signale l'effet de contraste que produisent deux couleurs complémentaires, comme le vert et le rouge; cet effet, il le sépare soigneusement du contraste que produit la juxtaposition d'une teinte claire et d'une teinte sombre; Cardan, au contraire, donne comme exemple de ce dernier effet l'éclat que prend le rouge lorsqu'il est voisin du vert; il croit que le bleu avive également le rouge; il apparaît assez par là qu'il n'écrit point d'après ses propres observations, mais qu'il transcrit, en les défigurant, les observations d'autrui.

Cardan déforme à ce point les parties du *Traité de la Peinture* qu'il pense résumer, que son exposé serait souvent tout à fait incompréhensible si nous n'avions, pour l'éclairer, le texte de Léonard. Quel sens, par exemple, faut-il attribuer au passage que voici[1] :

« Car la couleur blanche approche fort en la clarté, en sorte que nulle partie d'icelle peut estre cachée, non plus que de la clarté... Ainsi elle est aidée par autres couleurs pour décevoir et est teinture plus tost que peinture? »

Qu'est-ce que Cardan prétend nous enseigner lorsqu'il nous dit que la « couleur blanche est aidée par autres couleurs pour décevoir »? Il nous serait fort malaisé de le deviner si nous ne recourions au *Traité de la Peinture;* mais la lecture de ce traité nous explique bientôt la proposition énigmatique du médecin milanais; Léonard, en effet, insiste à maintes reprises sur cette remarque qu'un objet blanc se montre toujours coloré par les reflets des objets voisins : « L'ombre du blanc[2] esclairé par le soleil et par l'air, a sa teinte tirant sur le bleu, et cela vient de ce que le blanc de soy n'est pas proprement une couleur, mais le réceptacle des autres couleurs... Cela provient[3] de ce que le blanc n'est pas mis au nombre des couleurs, mais est seulement

1. Hieronymi Cardani *De Subtilitate libri XXI,* liber XVII. Ce passage ne se trouve pas dans l'édition de 1551; il a été ajouté par Cardan en la seconde édition, sur laquelle Richard le Blanc a fait sa traduction; en celle-ci, il se trouve à la page 319, verso.

2. *Traité de la Peinture* de Léonard de Vinci, ch. CIV : De la couleur du blanc; éd. 1651, p. 33.

3. *Traité de la Peinture* de Léonard de Vinci, ch. CV : Quelle couleur produira une ombre plus noire; éd. 1651, p. 33. — Cf. ch. CXXIII : Quelle est la superficie plus propre à recevoir les couleurs; éd. 1651, p. 41.

propre et fort disposé à les recevoir toutes indifféremment, et les superficies blanches se transforment mieux et reçoivent plus essentiellement les couleurs de leur objet qu'aucune autre superficie de quelque couleur que ce soit. »

Un lecteur attentif ne pourra guère, croyons-nous, méconnaître cette vérité : Bon nombre des réflexions sur la peinture et sur les couleurs qui se trouvent au *De Subtilitate* ont été extraites des notes de Léonard de Vinci; mais en résumant sans soin ni compétence les observations du grand peintre, Cardan les a souvent transformées en aphorismes faux ou incompréhensibles, à tel point que pour les rectifier ou les interpréter il est nécessaire de recourir au *Traité de la peinture,* qui en fut la source.

III

Les emprunts faits par Cardan au *Trattato del moto e misura dell' acqua* de Léonard de Vinci.

Nous allons être conduits à une conclusion toute semblable en étudiant ce que Cardan a écrit au sujet de la présence de l'eau à la surface du globe terrestre et, particulièrement, au sujet des eaux courantes.

Lisons, par exemple, ce passage[1] :

« L'eau est ronde, comme tu vois aus pos de terre et autres vesseaus. Pour ceste cause les fleuves et lacs sont veus de loing; car ou nous regardons d'en haut, et pource nous voions les eaus ; ou nous regardons de la plaine, d'où mesmement nous voions les eaus, pource que l'eau est ronde. »

La remarque qui termine ce passage semblera bien obscure à qui n'a pas lu Léonard de Vinci; elle s'éclairera, au contraire, si l'on ouvre le *Del moto e misura dell' acqua;* on y trouvera[2],

1. Hieronymi Cardani *De Subtilitate libri XXI*, liber XXI. Ce passage ne se trouve pas en la première édition (1551); il a été ajouté en la seconde édition; en la traduction de Richard le Blanc, il se trouve au verso de la page 388.

2. Leonardo da Vinci, *Del moto e misura dell' acqua*, libro primo, capitulo XIX (*Raccolta d'autori italiani che trattano del moto dell' acque*. Edizione quarta. Tomo X. Bologna MDCCCXXVI, p. 281.)

en effet, une réflexion assez étrange que nous avons reproduite, avec la figure qui l'illustre, en notre précédente étude[1]. Léonard y montre comment une étendue plane semblerait s'enfoncer au-dessous d'une nappe d'eau sphérique à laquelle elle confinerait.

Le traité *Del moto e misura dell' acqua* ne renferme pas, tant s'en faut, toutes les pensées que Léonard avait conçues au sujet de l'eau et qu'il avait fixées en ses notes. De ces pensées, Cardan a dû posséder un recueil plus complet que le traité publié en 1826 par F. Cardinali; il en connaît assurément qui n'ont point été reproduites en ce recueil. Voyons, par exemple, de quelle manière il explique[2] l'origine des montagnes :

« Les montagnes peuvent être produites de trois manières différentes. En premier lieu, la terre, secouée de mouvements répétés, s'enfle et engendre les monts comme s'ils provenaient de vessies sortant de son corps; ainsi s'est formé, près du lac Averne, en Campanie, le mont Moderne. En second lieu, la terre est accumulée par les vents, ce qui arrive fréquemment en Afrique. En troisième lieu, — et c'est le procédé le plus approprié et le plus fréquemment employé, — la terre est démolie par les eaux courantes ou même par la mer; les pierres demeurent en place, tandis que l'eau du fleuve descend en la vallée; un mont pierreux s'élève ainsi au-dessus de la vallée; c'est pourquoi la plupart des montagnes sont formées de rochers. Le sommet de ces monts s'élève de plus en plus au-dessus du sol; la pluie, en effet, ronge chaque jour davantage la terre des champs; le sol meuble lui-même se tasse et s'affaisse peu à peu; les pierres, au contraire, ne s'affaissent point; souvent elles croissent, comme nous le verrons. Les vallées, cependant, sont rongées par les eaux courantes et les torrents; aussi sont-elles plus basses que les champs et les plaines.

» En mer, les récifs sont formés de la même manière; ils proviennent d'îles dont la terre a été rongée par les flots. Mais,

1. Vide supra : V, *Thémon le fils du Juif et Léonard de Vinci*, IV, fig. 1, p. 179.

2. Hieronymi Cardani *De Subtilitate libri XXI*, liber II; édit. 1551, p. 215. Traduction de Richard le Blanc, éd. 1556, p. 59, verso. La traduction de Richard le Blanc est fort peu claire en ce passage; nous ne la suivrons pas.

à leur tour, si la terre qui les porte vient à s'élever et à s'enfler, ils se transforment en îles. Aussi la plupart des îles sont-elles très montueuses; lorsque la mer s'est desséchée, les récifs sont devenus des montagnes. Il n'est donc point étonnant de trouver, au sein des montagnes qui avoisinent la mer, des épaves de navire, des huîtres et d'autres coquilles. N'est-ce pas la preuve que ces montagnes ont été jadis des récifs au milieu de la mer, ou qu'elles ont été submergées par une grande inondation? »

Nous ne trouvons rien, dans le traité *Del moto e misura dell' acqua,* qui ait pu inspirer ces considérations sur l'origine des montagnes; en revanche, nous reconnaissons en ces considérations un résumé très net des vues sur la Géologie que Léonard a consignées au cahier F de ses notes[1].

Léonard, il est vrai, avait emprunté à Albert de Saxe ses idées sur la formation des montagnes par voie d'érosion; Cardan aurait donc pu, à son tour, les emprunter au même auteur; d'autant que maint indice semble nous révéler la présence, aux mains du médecin milanais, des *Questions* composées sur le *De Cœlo* par ce grand scolastique. Mais si Cardan a pu apprendre d'Albertutius comment les eaux courantes avaient creusé les vallées et sculpté les montagnes, il n'a pu apprendre de lui comment les fossiles témoignaient des soulèvements qui avaient porté à ces hauteurs des terres jadis immergées. En cette observation, force nous est de reconnaître l'une des idées favorites de Léonard.

Le Vinci a minutieusement analysé le procédé par lequel les coquilles des mollusques se sont fossilisées. C'est encore une sorte de résumé des observations du grand peintre que nous donne Cardan lorsqu'en sa description des diverses espèces de pierres, il arrive à celles qu'il nomme *Conchites*[2] :

« On nomme *Conchites* une pierre semblable à une coquille,

1. Vide supra : I, *Albert de Saxe et Léonard de Vinci,* III et IV.

2. Hieronymi Cardani *De Subtilitate libri XXI,* liber VII. — La première ligne de ce passage se trouve seule en l'édition de 1551; tout ce qui concerne la fossilisation a été introduit en la seconde édition, sur laquelle a été faite la traduction de Richard le Blanc; en cette traduction (éd. 1556), le passage considéré se trouve au verso de la page 151. Nous ne suivons pas ici cette traduction, moins claire que le texte latin.

couverte de stries courbes et ornée d'une armature brillante. Une autre espèce de *Conchites* a l'aspect du marbre; elle est blanche, tendre, et l'on y trouve habituellement des tests de coquillages. On ne la trouvait autrefois qu'au voisinage de la ville de Mégare, au témoignage de Pausanias. C'est un sûr indice que ce pays-là s'est trouvé, à une certaine époque, recouvert par la mer. En effet, lorsque les tests des coquillages sont fort anciens, en beaucoup d'endroits, ils finissent par se pétrifier au sein des rochers et sous la terre. Ils gardent leur forme, mais leur substance est changée. La plupart sont recouverts d'armatures dorées ou argentées; ces armatures sont formées d'une matière qui contient beaucoup de sel; le sel brille, en effet, et ces armatures sont constituées par quelque partie de sel pur. Celles qui proviennent des coquilles sont faites d'une certaine matière salée; celle-ci est rejetée à l'extérieur du coquillage; puis le grand froid qui règne au lieu où se trouve le fossile la congèle sous forme d'armature; la partie aqueuse de la substance qui forme cette armature la rend brillante. Cette partie aqueuse ne disparaît pas, parce qu'elle est intimement mélangée d'une matière terreuse très fine: Parmi ces objets, les uns prouvent la sagacité de la nature, qui poursuit une fin bien déterminée; les autres démontrent la longue durée du monde. »

Certes, les idées géniales par lesquelles Léonard a créé la Géologie et la Paléontologie sont reproduites par Cardan sous une forme quelque peu confuse; elles restent cependant bien reconnaissables, et bien capables encore d'éveiller l'attention d'un esprit soucieux des questions naturelles; d'ailleurs, en s'appropriant ces idées, Cardan leur rend un service signalé: il les exhume de notes où, sans doute, elles fussent demeurées, pendant des siècles, inconnues et inutiles; il les publie; portées par la vogue extraordinaire qui accueille *Les livres de la Subtilité,* elles se répandent en tous lieux, prêtes à susciter de nouvelles recherches; et le plagiat de Cardan fera de Bernard Palissy le continuateur du Vinci.

Les renvois qui accompagnent nos citations de Cardan ont pu suggérer une remarque au lecteur : La première édition du

De Subtilitate contient déjà divers emprunts au *Traité de la Peinture,* aux observations de Léonard sur l'Hydraulique et la Géologie; ces emprunts sont bien plus nombreux en la seconde édition. La lecture des opinions de Cardan touchant la Mécanique donne lieu à une semblable remarque[1]. Cardan s'était déjà inspiré maintes fois des cahiers du Vinci lorsqu'il avait composé son ouvrage; il y recourut de nouveau lorsqu'il voulut en donner une seconde édition plus complète. Nous allons voir que la publication de cette seconde édition ne mit pas fin aux emprunts subis par les notes du grand peintre.

Nous avons dit, en notre précédente étude[2], à quel point Léonard de Vinci s'était préoccupé de cette question : Comment l'eau qui donne naissance aux fleuves, peut-elle sourdre au sommet des montagnes? Ce problème est de ceux que ne manquaient guère de traiter, au XVIe siècle, les philosophes qui écrivaient sur les météores; il était donc naturel qu'il sollicitât l'attention de Cardan.

Dès la première édition de ses livres *Sur la Subtilité,* Cardan se propose d'examiner[3] les diverses explications qui ont été données de l'origine des fleuves. Ces explications, il commence par les énumérer : « Le filosofe donc estime que les eaux sont engendrées; Salomon pense qu'elles soient dérivées de la mer par circuit; les autres estiment qu'elles soient assemblées des pluies et neiges; les autres pensent qu'elles sourdent des fontaines qui sont sous terre. » Aucune de ces explications ne lui paraît exempte de difficultés. « Il est manifeste que toute eau n'est engendrée aux montagnes ne de l'air; veu que Tanaïs sourd au champ de Moscovie. » La neige et les pluies ne sauraient davantage suffire à rendre compte de la genèse des rivières : « Pareillement, l'eau n'est des seules neiges, veu que mesme elle coule des montagnes quand elles ne sont couvertes de neiges, ne mouillées de pluies; totalement donc il n'est crédibile que tant grande quantité des eaus, et tant continue

1. P. Duhem, *Les origines de la Statique*, ch. XV, 8, t. II, p. 104.
2. Vide supra : V, *Thémon le fils du Juif et Léonard de Vinci,* IV et V.
3. Hieronymi Cardani *De Subtilitate libri XXI,* liber II; éd. 1551, p. 127 sqq. Traduction de Richard le Blanc, éd. 1556, p. 64, verso, sqq.

soit engendrée des neiges. » Mais s'il est une hypothèse qui soulève de nombreuses et graves objections, c'est assurément celle qui prétend dériver de la mer l'eau qui sourd au sommet des montagnes : « Et ne peut monter de la mer jusques à tant grande hauteur qu'est le coupeau des montagnes; et devant qu'elle parvienne jusques aux montagnes, il n'y a moien qu'elle ne s'éparte de tous costés; et les fleuves ne seroient jamais diminués; et mesmement la mer ne suffiroit pas à tant de fleuves, ains aucunefois elle seroit asséchée; entendu que la plus grande part des eaus s'évanouit par la chaleur du Soleil; mesmement, ce mouvement dessous la terre la feroit trembler, comme j'ai dit; et n'y a pas raison pour que l'eau doive procéder d'une montagne, non d'une autre; aussi difficilement il est vraisemblable qu'elle soit rendue tant pure et exempte de saline et d'amertune. »

Ces critiques, semble-t-il, devraient faire rejeter toutes les solutions proposées; c'est du parti contraire que s'accommode l'éclectisme de Cardan : « Que dirons donc? Qu'elles sont de toutes les causes prédites. »

Parmi ces causes, cependant, il en est une qui semble jouir particulièrement de la faveur du célèbre astrologue, et cette cause est celle qui attribue aux eaux pluviales l'origine des rivières. Dès la première édition de son ouvrage, nous le voyons admettre[1] « que l'eau donc puisse augmenter les fleuves par la pluie ». Lorsqu'il compose la seconde édition de son traité, il accroît le vingt et unième livre d'une longue addition relative aux météores aqueux; au cours de cette addition, il s'exprime[2] au sujet de la formation des rivières dans les termes mêmes que nous emploierions aujourd'hui : « Et à bonne fin il a esté fait que les pluies accompagneroient le Soleil; car premièrement l'eau salée attirée de la mer en haut, se convertit en eau douce, et après elle rend la pareille par tant de fleuves qui se déchargent en la mer, desquels les eaus

1. Hieronymi Cardani *De Subtilitate libri XXI*, éd. 1551, p. 130. Traduction de Richard le Blanc, éd. 1556, p. 66, recto.

2. *Les livres* de Hiérome Cardanus, intitulés *De la Subtilité*. Traduction de Richard le Blanc, éd. 1556, p. 390, recto.

douces se convertissent en salées. Pour ceste cause si la distribution doit estre égale, qu'elle puisse demeurer sempiterne, il est nécessaire que l'eau des pluies soit fort abondante, laquelle puisse estre égalée à la cheute de tous les fleuves qui tombent dedens la mer. » Toutefois, Cardan ne semble pas s'être exclusivement arrêté à cette théorie; presque aussitôt après le passage que nous venons de citer, nous le voyons admettre que les fleuves qui arrosent les îles proviennent, par dérivation souterraine, des eaux de la mer : « Et quand ces isles sont abondantes en eaus, c'est un argument et signe évident, que les eaus n'y sont engendrées, ains coulées seulement et distilées par la terre des isles. Car comme seroit-il possible qu'Hibernie eut 15 fleuves, s'ils n'avoient leur source de la mer, quand les eaux sont purgées en passant et coulant par les terres?... Il faut que ces eaus proviennent douces, pource que l'isle est le coupeau de la montagne : et le mont environné de la mer rend les eaus douces, qui estoient salées, en les coulant et distilant. » Mais comment l'eau de la mer peut-elle monter plus haut que son niveau primitif? Cardan, qui, toujours jusqu'ici, a réputé impossible cette ascension, néglige maintenant de nous en indiquer la cause.

Avant qu'il n'ait pu connaître la seconde édition des *Livres de la Subtilité,* Jules César Scaliger publiait, de cet ouvrage, une critique vive jusqu'à la violence et détaillée jusqu'à la minutie[1]. En cette critique, Scaliger traitait à son tour de l'origine des fleuves; à l'encontre de ce que Cardan avait écrit en la première édition du *De Subtilitate*, il soutenait que les sources qui arrosent les flancs des montagnes proviennent de la mer, et il prétendait expliquer comment l'eau de la mer s'élève plus haut que sa surface libre[2].

Cardan a affirmé que l'eau ne pouvait, par un tuyau, monter plus haut que son niveau dans le réservoir qui la fournit; cela est vrai si l'eau du réservoir n'est pas comprimée; mais il

1. Julii Cæsaris Scaligeri *Exotericarum exercitationum liber XV* : *De Subtilitate ad Cardanum;* Lutetiæ, apud Vascosanum, 1557.

2. J. C. Scaligeri *De Subtilitate ad Cardanum;* Exercitatio XLVI : De fluviorum generatione.

en est autrement si elle est soumise à une pression. Que l'on charge le piston d'une pompe avec une pierre, par exemple, et l'eau montera dans le tuyau bien plus haut que dans le corps de pompe. Il est clair, d'ailleurs, que le même effet serait obtenu si l'on remplaçait la pierre par une masse d'eau qui aurait même poids. Cette remarque nous explique tout aussitôt comment les eaux de la mer peuvent atteindre le sommet des montagnes; les eaux marines inférieures sont comprimées, comme en un corps de pompe, par celles qui les surmontent; par l'effet de cette pression, ces eaux s'élèvent en les fissures des roches comme elles s'élèveraient dans le tuyau de la pompe.

Quiconque a des lois de l'Hydrostatique une notion quelque peu sensée ne peut manquer d'accueillir en souriant cette explication; le niveau où l'eau monte dans le tuyau d'une pompe est précisément celui qu'atteindrait, dans le corps de pompe, l'eau dont le poids équivaudrait à la charge du piston. Ce principe était souvent invoqué dans les notes de Léonard de Vinci où, vraisemblablement, Giovanni-Baptista Benedetti allait l'apprendre[1]. En vertu de ce principe, la compression des eaux marines inférieures par les eaux marines supérieures ne peut soulever celles-là plus haut que la surface libre de celles-ci. Mais Scaliger n'a cure de cette objection, car il ignore les idées fécondes introduites en Hydrostatique par le Vinci.

Ce n'est pas que Scaliger soit sans souci des lois de l'équilibre des liquides; il se préoccupe au contraire d'y soumettre sa théorie; mais l'Hydrostatique dont il se réclame n'est point celle de Léonard, c'est celle d'Albert de Saxe.

Selon la doctrine d'Albert de Saxe, dont nous avons dit un mot en notre première étude[2], un grave ne saurait être doué de gravité actuelle s'il se trouve en son lieu naturel; à moins qu'il ne soit hors de ce lieu, ses diverses parties ne sauraient se gêner ni se comprimer les unes les autres; en particulier,

1. Vide supra : V, *Thémon le fils du Juif et Léonard de Vinci*, VIII.
2. Vide supra : I, *Albert de Saxe et Léonard de Vinci*, II.

lorsque l'eau se trouve naturellement située, les parties voisines du fond ne sont nullement pressées par celles qui sont proches de la surface; c'est l'enseignement formel[1] d'Albert de Saxe : « Una non movetur contra aliam, ergo non impedit aliam; assumptum patet de aqua, cujus partes superiores non comprimunt nec deprimunt inferiores. »

Or, selon l'enseignement du même maître, la mer, limitée par une surface sphérique dont le centre est celui du Monde, se trouve actuellement en son lieu naturel; les eaux marines supérieures n'exercent donc aucune pression sur les eaux inférieures; elles ne sauraient les pousser au sommet des montagnes.

Visiblement, Jules César Scaliger souscrit à la première partie de la doctrine d'Albert de Saxe; il lui faut donc contredire à la seconde partie; il lui faut soutenir que la mer n'est pas actuellement en son lieu naturel; et c'est ce qu'il fait en invoquant les singulières raisons que voici :

Pour que les quatre éléments fussent vraiment en leurs lieux naturels, il faudrait qu'ils fussent limités par quatre surfaces sphériques ayant pour centre le centre de l'Univers; que la terre occupât la région la plus voisine du centre; que l'eau vînt ensuite, puis l'air, puis le feu.

Or cette disposition n'est point celle que la réalité nous présente. A la sphère que la terre devrait naturellement occuper, des protubérances et des gibbosités ont été ajoutées, qui forment les continents et les îles; ces protubérances remplissent une partie de la couche sphérique que l'eau devrait naturellement occuper; la masse d'eau chassée par elles de son lieu naturel élève le niveau de l'Océan; l'Océan se trouve ainsi formé de deux couches superposées; l'une, la couche profonde, est constituée par de l'eau qui se trouve en son lieu naturel; l'autre, la couche superficielle, représente l'eau que la terre ferme a chassée de son lieu naturel; en vertu de la doctrine d'Albert de Saxe, celle-ci, de tout son poids, presse celle-là.

Telle est l'étrange doctrine par laquelle Scaliger prétend,

1. Alberti de Saxonia *Quæstiones in VIII libros Physicorum*; in librum IV.

contre Cardan, que les sources des montagnes proviennent des eaux marines.

Les attaques de Jules César Scaliger ne laissèrent point insensible le médecin de Milan; il riposta vivement en une *Actio prima in calumniatorem* qu'il joignit, en 1560, à la troisième édition latine du *De Subtilitate*[1].

La théorie de l'origine des fleuves est un des points sur lesquels Cardan insiste le plus[2] en son *Action contre le calomniateur;* il parle comme s'il se bornait à développer plus longuement une doctrine déjà indiquée au *De Subtilitate;* en réalité, il expose une hypothèse dont, jusqu'alors, il n'avait soufflé mot.

« L'eau de la mer pénètre la terre de toutes parts, comme elle imbiberait une éponge; parfois, elle la pénètre par de larges conduits; elle alimente alors les puits d'eau salée; ...dans ce cas, elle ne monte jamais d'elle-même; aussi, toute fontaine salée... se trouve en un lieu plus bas que la mer. Toute eau qui s'élève au-dessus de ce niveau a nécessairement éprouvé l'action de la chaleur; partant, elle est devenue douce. L'eau est donc tirée vers la surface du sol par la chaleur du Soleil et de la pluie; le froid qui règne au sommet des montagnes condense les vapeurs, qui forment des ruisseaux; ceux-ci, coulant en foule vers les bas lieux, engendrent les fleuves. Cette ascension d'eau est perpétuelle, car les vapeurs sont soulevées non seulement par la chaleur des astres, mais encore par la chaleur qui règne dans les profondeurs du sol, de même qu'au sein d'un vase à distiller. Ainsi donc la matière de cette perpétuelle circulation ne fait jamais défaut, car la mer y pourvoit; la cause qui la détermine est aussi toujours présente; c'est, en effet, d'une part, la chaleur céleste et la chaleur des entrailles de la terre, d'autre part, le froid des pierres et de l'air au sommet des

1. Hieronymi Cardani Mediolanensis medici *De Subtilitate libri XXI.* Ab authore plusquam mille locis illustrati, nonnullis etiam cum additionibus. Addita insuper Apologia adversus calumniatorem, qua vis horum librorum aperitur. Basileæ. *In fine :* Basileæ, en officina Petrina, Anno MDLX, mense Martio. — Hieronymi Cardani Mediolanensis medici *In calumniatorem librorum De Subtilitate actio prima* ad Franciscum Abundium, S. Abundii Commendatarium perpetuum. Éd. in-8°, pp. 1265-1426. (Il a paru en même temps, et chez le même imprimeur, une édition in-folio.)

2. Cardan, *loc. cit.*, pp. 1311-1316.

F. MEDIAT

monts. Dès lors, le jaillissement des sources est continuel... Vois maintenant comment tous les faits et comment tous nos dires s'accordent avec les vrais principes; dans notre théorie, on ne trouve rien de faux, rien de contradictoire, rien d'absurde. »

Cardan peut maintenant affirmer fièrement qu'il a exposé une doctrine entièrement nouvelle : « Nunc usque inauditam doctrinam declaravimus. » Nous n'aurons garde de le croire. Cette doctrine, en effet, nous la connaissons déjà; nous l'avons lue dans les notes de Léonard de Vinci[1].

C'est bien certainement dans ces notes que Cardan l'a lue, et non point dans les écrits de quelque prédécesseur du Vinci; sans doute, Albert le Grand avait déjà supposé que l'eau, échauffée dans les entrailles de la terre, montait sous forme de vapeurs au sommet des monts, où le froid la condense de nouveau; sans doute, le fils du Juif, Thémon, avait déjà comparé cette ascension à la distillation de l'eau dans l'alambic; mais Albert et Thémon admettaient tous deux la théorie d'Aristote; ils pensaient que l'eau dont les sources s'alimentent est engendrée au sein de la terre, et c'est au secours de cette hypothèse qu'ils avaient fait appel à la chaleur du sol et à la distillation qu'elle produit. Léonard, le premier, a repris ces mêmes considérations pour les faire servir à la doctrine de Pline l'Ancien et expliquer comment l'eau des mers peut sourdre au sommet des montagnes. C'est de lui, non d'Albert le Grand ni de Thémon, que Cardan s'est inspiré.

Lors donc que Cardan a rédigé ses *Vingt et un livres sur la Subtilité,* il a fait de larges emprunts au trésor de pensées accumulé par Léonard de Vinci; il a continué d'y puiser, soit lorsqu'il s'est proposé de rendre son ouvrage plus complet, soit lorsqu'il a voulu le défendre contre les attaques de Jules César Scaliger. Réflexions sur la peinture et sur les couleurs, remarques sur la figure des eaux, considérations sur l'érosion et sur les soulèvements du sol, explication de la formation des

1. Vide supra : V, *Thémon le fils du Juif et Léonard de Vinci*, V.

fossiles, théorie sur l'origine des fleuves, tout cela porte, au *De Subtilitate,* la marque indéniable du Vinci ; Cardan, sans doute, y a mis du sien ; mais, bien souvent, il n'y a ajouté que les incohérences et les obscurités de son génie étrange et fumeux ; à tel point que pour comprendre pleinement la pensée du célèbre astrologue, il nous faut parfois recourir à la note du grand peintre qu'il a défigurée en la voulant reproduire.

On ne s'étonnera plus maintenant de nous entendre affirmer, comme nous l'avons fait ailleurs, que Cardan doit à Léonard presque tout ce qu'il a écrit, au *De Subtilitate,* touchant la Statique et la Dynamique. Si l'on voulait prétendre que l'analogie entre la Mécanique de Cardan et la Mécanique de Léonard résulte d'une coïncidence toute fortuite, il faudrait en dire autant des rapprochements, si nombreux et si variés, que nous avons signalés entre le *De Subtilitate* et les notes du Vinci. Ce serait vraiment faire la part trop belle au hasard ; avec Pascal, nous aurions le droit de nous écrier : « Les dés sont pipés. »

IV

La formation des fossiles selon Bernard Palissy.

Les pensées que Cardan avait empruntées à Léonard de Vinci ne sont pas demeurées inaperçues ou méconnues, dans les écrits du médecin milanais ; la vogue extraordinaire des *Livres de la Subtilité* les a signalées à l'attention d'une foule de savants ; ceux-ci les ont reprises et, par leurs méditations, leur ont fait produire les découvertes dont elles étaient grosses. C'est surtout en France que se peut remarquer cette influence du livre de Cardan, influence que la traduction faite par Richard le Blanc a puissamment secondée ; et, par là, il se trouve que Léonard de Vinci a grandement contribué à l'éveil de la Science française.

L'histoire de la Mécanique nous fournirait bien des arguments à l'appui de cette assertion ; nous n'en citerons qu'un.

Depuis François Arago, on sait quelle place de choix il con-

vient d'attribuer, parmi les inventeurs de la machine à vapeur, à l'ingénieur français Salomon de Caux ou de Caus. Salomon de Caus fonde toute sa Mécanique industrielle[1] sur cette grande vérité : En aucune machine, le travail résistant ne peut excéder le travail moteur. Mais si Salomon de Caus a créé le mot *travail*, il n'a créé ni l'idée que ce mot représente, ni le principe fécond dont cette idée est un terme ; il les a empruntés au seul mécanicien moderne dont il cite le nom, à Cardan ; et Cardan les tenait de Léonard. Lors donc que nous remontons jusqu'à l'origine des théories qui régissent la Mécanique industrielle, nous les voyons naître de ce que Cardan a pris au Vinci.

Il en est de même de la Paléontologie.

Nul, en France, ne paraît avoir affirmé l'origine organique des fossiles avant ce potier de génie qui a nom Bernard Palissy.

C'est dans sa *Recepte véritable*, imprimée en 1563[2], que Palissy reconnaît, en examinant les coquilles pétrifiées dont abonde la Saintonge, que ces pierres curieuses sont les restes d'animaux qui ont vécu en ces lieux. Laissons-le nous conter[3] sa découverte :

« Sur toutes choses qui m'ont fait croire et entendre que la terre produisoit ordinairement des pierres, ç'a esté parce que j'ay trouvé plusieurs fois des pierres, qu'en quelque part qu'on les eust pu rompre, il se trouvoit des coquilles, lesquelles coquilles estoyent de pierre plus dure que non pas le résidu,

1. *Les raisons des forces mouvantes avec diverses machines tant utilles que plaisantes aus quelles sont adioints plusieurs desseings de grotes et fontaines,* par Salomon de Caus, Ingénieur et architecte de son Altesse Palatine Électorale. A Francfort, en la boutique de Jean Norton, 1615. — Cf. P. Duhem, *Les origines de la Statique,* t. I, p. 290, Paris, 1905.

2. *Recepte véritable par laquelle tous les hommes de France pourront apprendre à multiplier et augmenter leurs thrésors — Item ceux qui n'ont jamais eu cognoissance des lettres pourront apprendre une philosophie nécessaire à tous les habitans de la terre...* Composé par Maître Bernard Palissy, ouvrier de terre, et inventeur des rustiques figulines du Roy et de Monseigneur le Duc de Montmorancy, pair et connestable de France, demeurant en la ville de Xainctes. A la Rochelle, De l'imprimerie de Barthelemy Berton, MDLXIII. — Cet écrit est reproduit dans les diverses éditions des œuvres de Bernard Palissy dont la plus récente a le titre suivant : *Les œuvres* de Maistre Bernard Palissy. Nouvelle édition, revue sur les textes originaux par B. Fillon, avec une notice historique, bibliographique et iconologique par Louis Audiat. Niort, 1888. Nos renvois se rapportent à cette édition.

3. *Les œuvres* de Maistre Bernard Palissy, éd. 1888, t. I, pp. 47 sqq.

qui a esté la cause que je me suis tourmenté et débatu en mon esprit, l'espace de plusieurs jours, pour admirer et contempler qui pouvoit estre le moyen et cause de cela...

» Et dès lors je commençay à baisser la teste le long de mon chemin, à fin de ne voir rien qui m'empeschast d'imaginer qui pourroit estre la cause de cela, et, estant en ce travail d'esprit, je pensay dès lors, chose que je crois encore à présent et m'asseure qu'il est véritable, que près dudit fossé il y a eu d'autres fois quelque habitation, et ceux qui pour lors y habitoient, après qu'ils avoient mangé le poisson qui estoit dedens la coquille, ils jettoyent les dites coquilles dedens cette vallée, où estoit ledit fossé, et, par succession de temps, lesdites coquilles s'estoyent dissoutes en la terre, et aussi la terre de ce bourbier s'estoit modifiée, et les saletez pourries et réduites en terre fine, comme terre argileuse, et ainsi lesdites coquilles se venoyent à dissoudre et liquéfier, et la vertu et substance du sel desdites coquilles faisoyent attraction de la terre prochaine et la réduisoyent en pierre avec soy; toutesfois, parce que lesdites coquilles tenoyent plus de sel en soy qu'elles n'en donnoyent à la terre, elles se congeloyent d'une congélation beaucoup plus dure que non pas la terre, mais l'une et l'autre se réduisoyent en pierre, sans que lesdites coquilles perdissent leur forme. »

Oh! comme il convient d'accueillir avec méfiance le récit de l'inventeur lorsqu'il nous conte la genèse de ses découvertes! Avec complaisance, il nous fait descendre en la profondeur de ses propres méditations; mais, trop souvent, il oublie de nous dire quelle lecture a fait jaillir l'étincelle qui a illuminé ces ténèbres.

Dans les dialogues par lesquels il nous expose ses opinions, Bernard Palissy prend volontiers le visage de « la Practique » qui tire toutes ses connaissances de l'observation; il persifle « la Théorique », gonflée d'une science ridicule que lui ont donnée de gros livres, écrits en latin. Il nous peint les tourments et débats de son esprit cherchant à deviner l'origine des fossiles; il omet de nous dire que ces tourments et débats prirent fin après qu'il eut ouvert *Les livres de Hiérome Car-*

danus, traduits par Richard le Blanc, et qu'il y eût lu le passage suivant[1] :

« Conchites est dit à la semblance d'une coquille, de rides courbées, décoré d'armature jaune. Il est un autre genre de conchites, qui est espèce de marbre blanc, mol, auquel coustumièrement sont trouvées les écailles des coquilles : au tems passé on n'en trouvoit aucune part, sinon en la ville Megara, comme Pausanias témoigne. Et ceci est un certain indice, que la mer avoit auparavant couvert la région où est située Megara. Car les écailles des coquilles, quand elles sont de long tems, elles deviennent pierres en plusieurs lieus entre les rochers, et sous la terre, la forme retenue, la substance muée. Pourquoi c'est qu'aucune de ces pierres sont munies d'armatures dorées ou argentées, la matière qui n'est sans saline en est cause : car le sel resplendit : et elles sont faites de quelque pure portion du sel. Celles qui sont faites des coquilles sont composées de quelque portion salée : et cette portion jetée extérieurement au grand froid du lieu, elle fait une armature, pource que la partie aqueuse reluit. Et pourtant que la matière aqueuse est meslée à la terre subtile; elle n'est consumée. Aucunes de ces choses sont de nature provide, et regardante à certaine fin : aucunes sont argument de monde perpétuel. »

Que ce passage de Cardan ait suggéré à Bernard Palissy sa théorie de la fossilisation, la chose est tout d'abord évidente; ces deux auteurs attribuent l'un et l'autre l'armature solide et brillante des coquilles pétrifiées à la substance saline que ces coquilles renfermaient et qu'elles ont rejetée au dehors; un tel accord en une supposition si étrange ne saurait être l'effet du hasard. Bernard Palissy, il est vrai, a modifié en un point, et d'une manière fâcheuse, la doctrine de Cardan; celui-ci voyait dans les fossiles les témoins de l'antique présence de la mer aux lieux maintenant émergés; celui-là les regarde comme des débris de la cuisine humaine; en quoi il se montre singulièrement naïf et mal inspiré.

1. *Les livres* de Hiérome Cardanus... traduits par Richard le Blanc, éd. 1556; p. 151, verso.

D'ailleurs, en parcourant soit la *Recepte véritable* de Bernard Palissy, soit ses *Discours admirables*[1], nous aurions occasion de noter maint passage où l'Inventeur des rustiques figulines s'est inspiré du livre de Cardan; non pas, cependant, que Cardan y soit nommé; au XVIe siècle, on ne cite guère un auteur moderne dont on emprunte les opinions; on ne le cite que pour le réfuter.

Fort heureusement, Bernard Palissy a éprouvé le besoin de contredire Cardan; pour le contredire, il l'a cité; et, en le citant, il nous a révélé la source, produite par « la Théorique », où si souvent avait puisé sa soi-disant « Practique ». C'est au huitième de ses *Discours admirables,* à celui de ces discours qui traite *Des pierres*, que nous empruntons ce dialogue[2] :

« PRACTIQUE.

» Or j'ay vu autrefois un livre que Cardan avoit fait imprimer des Subtilitez, où il traite de la cause pourquoy il se trouve grand nombre de coquilles pétrifiées jusqu'au sommet des montagnes et mesme dans les rochers. Je fus fort aise de voir une faute si lourde pour avoir occasion de contredire un homme tant estimé; d'autre costé j'étois fasché de ce que les livres des autres philosophes n'estoyent traduits en françois, comme cestuy là, pour voir si d'aventure j'eusse pu contredire, comme je contredis à Cardan sur le fait des coquilles lapifiées.

» THÉORIQUE.

» Et comment? Voudrois-tu contredire à un tel sçavant per-

1. *Discours admirables de la nature des eaux et fontaines tant naturelles qu'artificielles, des métaux, des sels et salines, des pierres, des terres, du feu et des émaux, avec plusieurs autres excellens secrets des choses naturelles, plus un traité de la marne fort utile et nécessaire pour ceux qui se mellent de l'agriculture, le tout dressé par dialogues es quels sont introduits la Théorique et la Practique,* par M. Bernard Palissy, Inventeur des rustiques figulines du Roy et de la Royne sa mère. A très haut et puissant sieur le Sire Anthoine de Ponts, Chevalier des Ordres du Roy, Capitaine des Cents Gentilshommes et Conseiller très fidèle de Sa Majesté. A Paris, chez Martin le Jeune, à l'enseigne du Serpent, devant le Collège de Cambray, 1580. — *Les œuvres* de Maistre Bernard Palissy, éd. Fillon et Audiat, t. II.

2. *Les œuvres* de Maistre Bernard Palissy, éd. Fillon et Audiat, t. II, pp. 160 sqq.

sonnage, toy qui n'es rien? Nous sçavons que Cardan est un médecin fameux, lequel a régenté à Tolette, et qui a composé plusieurs livres en langue latine. Et toy, qui n'as que la langue de ta mère, en quoy est-ce que tu le voudrois contredire?

» PRACTIQUE.

» En ce qu'il a dit que les coquilles pétrifiées, qui estoyent esparses par l'univers, estoyent venues de la mer ès jours du Déluge, lorsque les eaux surmontèrent les plus hautes montaignes, et, comme les eaux couvroyent toute la terre, les poissons de la mer se dilatoyent par tout l'univers, et que la mer estant retirée en ses limites, elle laissa les poissons, et les poissons portans coquille se sont réduits en pierre sans changer de forme. Voilà la sentence et l'opinion de M. Cardan.

» THÉORIQUE.

» Pour certain, voilà une fort belle raison, et je ne sçaurois croire que la vérité ne soit telle.

» PRACTIQUE.

» Si est ce que tu n'as garde de me faire croire une telle bavasse...

» Si Cardan eust regardé le livre de la Genèse, il eust parlé autrement, car là Moyse rend tesmoignage qu'ès jours du Déluge les abymes et ventailles du ciel furent ouvertes et pleut l'espace de quarante jours, lesquelles pluyes et abymes amenèrent les eaux sus la terre, et non pas le desbordement de la mer.

» THÉORIQUE.

» Mais d'où voudrois tu donc dire la cause de ces coquilles dedans les pierres, si ce n'est par le moyen que Cardanus a escrit?

» Practique.

» Si tu avois bien considéré le grand nombre de coquilles pétrifiées qui se trouvent en la terre, tu connoistrois que la terre ne produit guères moins de poissons portans coquille que la mer, comprenant en icelle les rivières, fontaines et ruisseaux. L'on voit aux estangs et ruisseaux plusieurs espèces de moules, et autres poissons portant coquilles, que, quand les dites coquilles sont gettées à terre, si en icelle il y a quelque semence salcitive, elles se viendront à pétrifier...

» Par quoy je maintiens que les poissons armez, et lesquels sont pétrifiez en plusieurs carrières, ont esté engendrez sur le lieu mesme, pendant que les rochers n'estoyent que de l'eau et de la vase, lesquels depuis ont esté pétrifiez avec lesdits poissons...

» Théorique.

» Par ce propos tu n'as rien fait contre l'opinion de Cardan, car tu n'as pas dit la cause de la pétrification des coquilles.

» Practique.

» Aucunes ont esté jetées en la terre, après avoir mangé le poisson et, estant en terre, par leur vertu salsitive ont fait attraction d'un sel génératif, qui, estant joinct avec celuy de la coquille en quelque lieu aqueux ou humide, l'affinité des dites matières estant jointes à ce corps mixte ont endurcy et pétrifié la masse principale. Voilà la raison, et ne faut pas que tu en cherches d'autres. »

Assurément, Bernard Palissy aimait la controverse; il n'a dissimulé ni le plaisir qu'il ressentait à contredire Cardan, ni le regret qu'il éprouvait de ne pouvoir contester avec les philosophes qui ont écrit en latin. Ce désir immodéré de combattre la pensée d'autrui et d'en triompher l'a conduit à imaginer de toutes pièces une théorie qui fût aisée à réfuter

et à la prêter très gratuitement au médecin milanais, qui n'en avait soufflé mot.

Il est bien vrai que Cardan n'a point, comme Bernard Palissy, pris les fossiles pour les reliefs d'antiques repas. Selon lui, les coquilles pétrifiées témoignent que les terres où on les recueille, émergées aujourd'hui, se sont trouvées jadis sous les flots; mais il n'a point dit, il n'a même point insinué que ces flots fussent ceux du déluge biblique; il ne le pensait sans doute point, et, vraisemblablement, à l'imitation d'Aristote et de Léonard, il admettait qu'au cours des temps, les océans et les continents avaient lentement changé de place.

D'ailleurs, du déluge que la Genèse nous a conté, il est fort peu question aux *Livres de la Subtilité;* à peine y est-il fait une vague et douteuse allusion. Discourant des grandeurs relatives de la terre et de l'eau, Cardan expose ces remarques[1] :

« De ce donc il est manifeste comment sont faites les inondations que coustumièrement on appelle déluges. Car entendu que l'eau est petite de nature, et mise au dessus de la terre, si elle s'enfle quelque peu, elle couvre les lieus bas, et en bref tems elle est retirée, car elle est petite, quoi qu'elle fût creue. Mais si elle estoit tant grande qu'elle estoit estimée, elle requerroit une grande augmentation pour faire les déluges. Pourtant jamais les déluges ne fussent venus : et si quelquefois ils fussent venus, difficilement eussent-ils pu être révoqués et retirés, que le genre humain n'eust esté totalement esteint et aboli; et la terre eust esté cachée sous l'eau par plusieurs ans, non seulement par plusieurs mois. Mais, comme récite Plato, ces déluges n'ont esté seulement une fois, ains plusieurs fois : et derechef en peu de mois sont cessés. »

Rien donc, en ce qu'a écrit Cardan, n'attribue l'origine des fossiles au déluge dont la Bible nous a gardé le souvenir; seul, Bernard Palissy a imaginé cette hypothèse pour se donner le plaisir de la combattre. Que l'on n'aille pas, d'ailleurs, s'étonner extrêmement de ce procédé de polémique.

1. Cardan, *Les livres de la Subtilité*, traduits par Richard le Blanc, éd. 1556, p. 63, verso.

Au XVIe siècle, « ceux de la Religion » se plaisaient à invoquer la Bible en des discussions dont la science profane avait seule connu jusque-là; c'est ainsi que Luther et Mélanchthon furent les premiers adversaires que le système de Copernic rencontra sur le terrain théologique; les premiers, ils prétendirent résoudre au nom de la Révélation les problèmes de Mécanique céleste que saint Thomas-d'Aquin, Albert le Grand, Albert de Saxe, Pierre d'Ailly, Prosdocimo de' Beldomandi, Nicolas de Cus, Cœlio Calcagnini, Copernic avaient traités par la raison naturelle. C'est sans doute cette coutume qui entraîna Bernard Palissy en sa polémique contre Cardan.

Peut-être aussi comptait-il sur cette polémique pour faire oublier ce qu'il devait aux *Livres de la Subtilité;* en effet, les quelques idées justes qu'il émettait au sujet de la formation des fossiles, il les avait empruntées à Cardan qui, lui-même, les avait tirées des notes de Léonard. Ainsi, par cette suite de larcins, les vérités que « la Practique » avait enseignées au Vinci touchant les coquilles pétrifiées allaient se répandant parmi les savants, singulièrement amaigries et défigurées, mais fécondes encore et capables de donner naissance à la Paléontologie.

Comme Villalpand, comme Bernardino Baldi, comme tant d'autres de ses contemporains, Cardan fut un plagiaire; mais en plagiant les idées de Léonard de Vinci, il les sauva de l'oubli; grâce à la grande vogue de son livre étrange, il les sema partout, et son manque de scrupules leur fit produire les découvertes dont elles portaient le germe. Celui qui mène les pensées humaines fait servir au progrès de la Science les plus tristes faiblesses des savants.

VII

LA SCIENTIA DE PONDERIBUS

ET

LÉONARD DE VINCI

LA SCIENTIA DE PONDERIBUS

ET

LÉONARD DE VINCI

I

Où se trouvent les premières pensées de Léonard sur la résistance des matériaux.

Léonard de Vinci n'était pas seulement peintre, sculpteur et musicien ; il était aussi architecte et ingénieur. En la lettre qu'il écrivit à Ludovic le More pour lui offrir ses services, après avoir énuméré divers projets de génie militaire, il ajoutait ces mots[1] : « En temps de paix, je crois pouvoir donner satisfaction complète, à l'égal de n'importe qui, en matière d'architecture, dans la composition des édifices tant publics que privés, et pour conduire les eaux d'un endroit à un autre. »

Aucun édifice important ne témoigne du talent que Léonard s'attribuait ; mais les notes manuscrites qu'il a laissées abondent en projets de palais, d'églises, de mausolées, et la beauté de certains de ces projets nous assure que l'occasion seule a manqué au Vinci d'ajouter un fleuron à sa couronne artistique.

Hanté par des visions d'édifices ; préoccupé sans cesse des lois selon lesquelles les forces s'équilibrent ; soucieux, plus qu'aucun artiste ne l'a jamais été, des lumières que les diverses sciences projettent sur les arts, Léonard devait nécessairement

1. Eug. Müntz, *Léonard de Vinci*, p. 141.

rechercher quels secours l'Architecture peut tirer de la Statique ; il devait, de tous ses efforts, tendre à la constitution d'une théorie de la résistance des matériaux.

De ces efforts, nous trouvons mainte trace parmi ces notes qui nous permettent de suivre pas à pas quelques-unes des méditations du grand peintre. En particulier, le manuscrit que Venturi a marqué de la lettre A, et qui est conservé à la Bibliothèque de l'Institut, renferme un grand nombre de réflexions sur la flexion des poutres, sur la poussée des arcs en plein ceintre et en ogive, sur les moyens propres à en éviter la rupture. De ces réflexions, nous avons touché quelques mots[1], tout en signalant les emprunts que Bernardino Baldi paraît avoir contractés à leur égard.

Toutefois, l'examen des nombreuses remarques sur la résistance des matériaux que nous présente le cahier A pose bien des questions intéressantes dont il ne nous donne pas la solution. De quel principe les diverses propositions formulées par Léonard ont-elles été tirées? Ce principe se relie-t-il aux lois de Statique alors connues, et par quel lien? Comment Léonard a-t-il été amené à le concevoir? Autant de problèmes à la solution desquels les fragments exposés sous nos yeux incitent notre curiosité, sans lui fournir les moyens propres à les résoudre.

Visiblement, au moment où Léonard couvrait les feuillets du cahier A de son écriture renversée et de ses croquis, sa théorie de la résistance des matériaux avait déjà reçu, en son esprit, une forme aux contours arrêtés. Pour en trouver la première ébauche, pour saisir le germe à partir duquel elle s'est développée, il nous faut assurément étudier quelque manuscrit plus ancien.

Il nous a semblé que l'on surprenait, en son principe même, la doctrine que Léonard de Vinci développera plus tard au sujet de la flexion des poutres et de la solidité des arcs, lorsque l'on feuilletait le manuscrit conservé dans la bibliothèque du prince Trivulzio[2].

1. Vide supra : III, *Léonard de Vinci et Bernardino Baldi*, III, p. 106.

2. *Il Codice* di Leonardo da Vinci *nella biblioteca del Principe Trivulzio in Milano, trascritto ed annotato* da Luca Beltrami ; riprodotto in 94 tavole eliografiche da Angelo della Croce. Milano, MDCCCXCI ; Ulrico Hoepli, editore.

La lecture des notes, très brèves pour la plupart, qui composent ce manuscrit, nous montre, en outre, à quelle source Léonard avait puisé les idées qu'il se proposait de développer; cette source, nous la trouvons en un écrit composé, au XIIIe siècle au plus tard, par un géomètre dont le nom nous est inconnu.

Que Léonard ait emprunté à cet auteur le principe de sa théorie de la résistance des matériaux, cela n'est point pour nous étonner. Déjà, les analogies entre la Statique du grand peintre et la Statique de ce mécanicien inconnu nous ont paru assez nombreuses et assez saisissantes pour que nous ayons proposé[1] de nommer celui-ci le *Précurseur de Léonard de Vinci;* mais nulle part le contact entre Léonard et son Précurseur n'apparaît plus intime, plus aisément reconnaissable, qu'en ces courtes réflexions sur la Mécanique consignées au *Codice Trivulzio.*

II

Les *Auctores de Ponderibus* et le Précurseur de Léonard.

Le Précurseur de Léonard de Vinci est l'auteur d'un traité *De ponderibus.*

Au Moyen-Age, la Mécanique sollicite les efforts de deux catégories de penseurs, et les méthodes par lesquelles elle est traitée ne sont pas les mêmes, en général, pour l'une et pour l'autre de ces deux catégories.

D'une part, en effet, nous voyons les Maîtres des Universités, lorsqu'ils commentent la *Physica auscultatio* ou le *De Cœlo et Mundo,* développer, au sujet de l'équilibre et du mouvement des poids, des doctrines qu'ils rattachent à la philosophie péripatéticienne. D'autre part, avant que les universités fussent créées, ou bien après leur création, mais hors de leur discipline, des géomètres développent une *Science des poids* qui n'emprunte presque rien à la Physique de l'École.

1. P. Duhem, *Les origines de la Statique,* t. I, p. 134; Paris, 1905.

Cette science indépendante, au domaine peu étendu, mais nettement délimité, ne demeurait point inconnue, d'ailleurs, de ceux qui avaient étudié la Physique scolastique. En 1267, Roger Bacon, pour manifester l'utilité de la Géométrie, déclare[1] « qu'elle permet de comprendre la *Scientia de ponderibus;* c'est une science fort belle, mais trop difficile pour ceux qui n'ont pas expérimenté les causes des mouvements des corps pesants ou légers ». Cent ans plus tard, en l'une des *Quatorze questions* par lesquelles il commente le *Traité de la Sphère* de Jean de Sacro-Bosco (John of Holywood), Pierre d'Ailly, ébauchant une classification des sciences, marque[2] la place que doit occuper, selon lui, le *Tractatus de ponderibus*.

Les philosophes de l'École, d'ailleurs, ne se contentaient pas de connaître la *Science des poids;* entre cette science et les doctrines qu'ils professaient, ils faisaient parfois des rapprochements; tantôt ils invoquaient à l'appui de leurs doctrines des propositions empruntées aux traités *De ponderibus;* tantôt ils interprétaient selon les principes de leur Physique les axiomes qu'invoquaient ces traités. C'est ainsi qu'au XIVe siècle Albert de Saxe[3] et son disciple Marsile d'Inghen[4] mentionnent les écrits relatifs à la *Science des poids*. Parfois même, les maîtres de la Faculté des Arts ne dédaignaient point de s'adonner à cette science; Biagio Pelacani, dit Blaise de Parme, qui enseigna avec éclat, à la fin du XIVe siècle, aux Universités de Paris, de Padoue et de Parme, nous a laissé un traité *De ponderibus*[5].

Les maîtres péripatéticiens et les géomètres qui s'adonnaient à la *Scientia de ponderibus* ont, les uns et les autres, contribué grandement au progrès de la Statique. A ceux-ci on doit

1. Fratris Rogeri Bacon, ordinis Minorum, *Opus majus ad Clementem Quartum, Pontificem Romanum*. Ex M.S. Codice Dubliniensi, cum aliis quibusdam collato, nunc primum edidit S. Jebb, M. D., Londini, typis Gulielmi Bowyer, MDCCXXXIII. Pars IV, dist. IV, cap. XV, p. 105.

2. Petri Cardinalis de Aliaco, Episcopi Cameracensis, *XIV Quæstiones in Sphæram Johannis de Sacro-Bosco;* Quæstio I. (Cet écrit a eu de très nombreuses éditions.)

3. *Quæstiones subtilissimæ* Alberti de Saxonia *in libros de Cœlo et Mundo;* Libri III, quæst. II et III; Venetiis, 1492.

4. *Quæstiones subtilissimæ* Johannis Marcilii Inguen *super octo libros Physicorum, secundum nominalium viam;* circa librum IV quæst. VIII et XI; Lugduni, 1518.

5. P. Duhem, *Les origines de la Statique*, t. I, p. 147; 1905.

attribuer ce principe, dont Descartes fera reconnaître l'universelle puissance : *Ce qui peut élever un certain poids à une certaine hauteur peut aussi élever un poids* K *fois plus grand à une hauteur* K *fois moindre.* Ceux-là ont, peu à peu, formulé cet axiome que Torricelli prendra pour point de départ de ses déductions : *Un système est en équilibre lorsque tout dérangement aurait pour effet d'en élever le centre de gravité.*

Les services rendus à la science par ces deux Écoles leur donnent des titres égaux à notre reconnaissance ; mais il s'en faut bien que ceux à qui cette reconnaissance est due nous soient de part et d'autre également connus.

Parmi les maîtres dont l'enseignement a développé au sein des Universités la doctrine péripatéticienne de la gravité, il en est dont l'histoire nous a gardé le souvenir ; Marsile d'Inghen, Pierre d'Ailly sont de ce nombre. D'autres, parmi les plus grands, ont été victimes d'un injuste oubli ; cependant les registres des Universités nous ont conservé quelques traces de leur vie et de leurs enseignements ; ainsi en est-il pour Albert de Saxe, pour Thémon le fils du Juif.

Au contraire, nous ignorons presque tout des géomètres qui ont illustré l'École *De ponderibus.* La plupart du temps, les Scolastiques qui les citent les désignent, d'une manière collective et anonyme par ces mots : les auteurs des poids, *auctores de ponderibus.* Seuls les deux noms d'Archimède et de Jordanus sont parfois mentionnés. Euclide, Archimède, Jordanus de Nemore sont également les noms qui figurent en tête des textes manuscrits où se conserve la *Scientia de ponderibus;* mais l'écrit attribué à Archimède n'est sûrement pas de lui ; mais un même texte est donné tantôt comme d'Euclide et tantôt comme de Jordanus ; mais trois traités absolument disparates se réclament de Jordanus de Nemore.

Nous nous sommes efforcé de mettre un peu d'ordre dans ce chaos. Qu'il nous soit permis de rappeler en quelques mots les conclusions auxquelles nous nous sommes arrêté[1].

Parmi les traités dont usait l'École de Jordanus, il en est qui

1. P. Duhem, *Les origines de la Statique,* t. I, ch. V, VI et VII ; Paris, 1905.

provenaient assurément de la science hellène, bien qu'on ne puisse accepter sans réserves l'attribution que le Moyen-Age en faisait à tel ou tel géomètre grec.

De ces traités, ou pour mieux dire de ces fragments, deux étaient attribués à Euclide. Le premier, intitulé *De levi et ponderoso libellus,* posait avec une grande netteté les axiomes de la Dynamique péripatéticienne. Le second, le *Liber de ponderibus secundum terminorum circumferentiam*, traitait des principes de la théorie du levier.

Un fragment sur les poids spécifiques, aujourd'hui incomplet, se prolongeait vraisemblablement par une description de l'aréomètre; toujours on l'attribuait à Archimède; les principes sur lesquels repose ce petit traité d'Hydrostatique sont, cependant, contraires à ceux d'Archimède; bien plutôt, l'auteur de cet écrit semble s'être efforcé de déduire d'une Physique voisine de celle d'Aristote les lois découvertes par Archimède.

A ces traités d'origine hellénique joignons un élégant petit écrit sur la balance romaine, le traité *De canonio*, composé sans doute par un géomètre du nom de Charistion.

Un commentaire, ou mieux une introduction au livre de Charistion, œuvre du célèbre astronome Thâbit-ibn-Kurrah, représente l'apport de la Science musulmane à la doctrine *De ponderibus*.

Sur cette mince alluvion de Science hellène et de Science musulmane, la Science occidentale commença de bâtir. Dès le début du XIIIe siècle, à coup sûr, et probablement avant cette époque, elle avait jeté les premiers fondements d'un édifice qui ne devait plus cesser de grandir et de s'étendre. Un géomètre de génie, dont nous ignorons tout, sauf le nom, inaugura la Statique des temps modernes en un petit écrit destiné à servir d'introduction au traité *De canonio;* en cet écrit, où il créait la notion de gravité *secundum situm*, Jordanus de Nemore inventait la méthode des travaux virtuels et s'en servait pour prouver la loi d'équilibre du levier.

Le renom de Jordanus étouffa celui que certains de ses disciples eussent mérité d'acquérir. Parmi les traités de Statique que composèrent les auteurs du *De ponderibus* et que les

scribes du XIIIe siècle nous conservèrent, il n'en est aucun qui ne soit attribué à Jordanus de Nemore. Et cependant, à côté du texte qui, visiblement, fut le germe des autres traités et qu'il est raisonnable de regarder comme l'œuvre du chef d'École, deux autres écrits sollicitent notre attention.

Le premier de ces écrits est l'œuvre d'un philosophe, fort peu géomètre, qui cherche à rattacher les doctrines de Jordanus aux principes de la Physique d'Aristote. C'est sans doute à ce péripatéticien que Roger Bacon faisait allusion lorsqu'il parlait « de Jordanus et de son commentateur ». L'œuvre de ce commentateur fut comprise dans la rhapsodie qu'au XVIe siècle Pierre Apian donna[1] comme représentant le *Traité des poids* de Jordanus.

Si l'écrit du Commentateur péripatéticien de Jordanus est dépourvu de toute valeur scientifique, il n'en est pas de même d'un autre traité que les scribes du XIIIe siècle attribuent, lui aussi, à Jordanus. Œuvre d'un géomètre habile, ce traité renferme quelques-unes des découvertes les plus fécondes qui aient été faites en Statique; et ces découvertes, il les justifie par des démonstrations dont la rigueur et l'élégance n'ont rien à envier aux méthodes de la Géométrie grecque. Le principe des travaux virtuels dont Jordanus avait tiré la loi d'équilibre du levier droit sert, dans cet ouvrage, à prouver la loi d'équilibre du levier coudé, et cela par un procédé d'une extrême ingéniosité; il fournit également une solution irréprochable du problème du plan incliné, solution par laquelle l'auteur inconnu de ce traité *De ponderibus* acquiert à la reconnaissance des mécaniciens des titres comparables à ceux d'Archimède.

C'est cet auteur que nous avons nommé le Précurseur de Léonard de Vinci.

Les textes manuscrits[2] divisent son traité en quatres livres.

1. *Liber* Jordani Nemorarii, *viri clarissimi, de ponderibus propositiones XIII et earumdem demonstrationes, multarumque rerum rationes sane pulcherrimas complectens,* nunc in lucem editus, cum gratia et privilegio imperiali, Petro Apiano, mathematico Ingolstadiano, ad XXX annos concesso. MDXXXIII.

2. La Bibliothèque nationale possède deux de ces textes, tous deux du XIIIe siècle; ils se trouvent dans les manuscrits 7378 A et 8580 (A fonds latin). Tartaglia, dans ses *Quesiti et inventioni diverse*, avait impudemment plagié ce traité; il en légua le texte

Les trois premiers sont seuls consacrés à la Statique proprement dite. Le quatrième traite de questions fort diverses, que nous rapporterions aujourd'hui à la Dynamique, à l'Hydrostatique, à la Science de l'élasticité. C'est en lisant ce quatrième livre que Léonard conçut ses premières pensées sur la résistance des matériaux.

III

Une remarque de Léonard a propos du levier et du treuil.

La plupart des pensées relatives à la Mécanique que renferme le manuscrit conservé en la bibliothèque du prince Trivulzio sont des notes jetées sur le papier par Léonard, alors qu'il lisait le traité *De ponderibus* dont nous venons de parler ; elles se rapportent presque toutes au quatrième livre de ce traité ; parmi les propositions de ce quatrième livre, il en est peu qui ne soient, au *Codice Trivulzio,* l'objet d'une remarque; celles qui n'y sont point mentionnées se trouvent commentées en d'autres écrits de Léonard, particulièrement au cahier E de la Bibliothèque de l'Institut; ce cahier semble être, en effet, comme un développement du *Codice Trivulzio;* bon nombre de pensées, simplement ébauchées en celui-ci, parviennent, en celui-là, à leur forme achevée.

Il est, toutefois, un feuillet du *Codice Trivulzio*[1] dont les réflexions ne paraissent pas se rapporter au quatrième livre du traité *De ponderibus*, mais à l'avant-dernière proposition du troisième livre.

à son ami Curtius Trojanus, l'éditeur vénitien; celui-ci le publia[a]; mais, incapable de déchiffrer les abréviations dont avait fait usage le copiste du Moyen-Age, il présenta l'œuvre du disciple de Jordanus de la manière la plus fautive et la plus incompréhensible. L'importance de cet écrit pour l'histoire de la Mécanique a été signalée tout d'abord par M. G. Vailati[b].

1. Léonard de Vinci, *Codice Trivulzio,* fol. 26 r° (34).

a. Jordani *Opusculum de ponderositate,* Nicolai Tartaleæ studio correctum et novis figuris auctum. Venetiis, apud Curtium Trojanum, MDLXV.

b. G. Vailati, *Il principio dei lavori virtuali, da Aristotele a Erone d'Alessandria* (Accademia Reale delle Scienze di Torino, Vol. XXXII, anno 1896-1897).

Lorsqu'un poids pend à l'extrémité d'un bras de levier, l'effort qu'il faut faire pour le maintenir soulevé diminue au fur et à mesure que le levier s'éloigne de l'horizontale pour se rapprocher de la verticale ; en effet, le moment de ce poids devient, sans cesse, de plus en plus petit. Cette remarque n'échappe sans doute pas au fellah qui puise de l'eau au bord du Nil; aussi l'Antiquité ne l'a-t-elle point ignorée ; les écrits de Héron d'Alexandrie et de Pappus en supposent explicitement ou implicitement la connaissance.

C'est à la mesure du moment d'un poids suspendu à l'extrémité d'un bras de levier oblique que le Précurseur de Léonard de Vinci consacre l'avant-dernière proposition de son troisième livre.

Cette proposition, il l'énonce ainsi :

Quolibet ponderoso ab æqualitate[1] *ad directionem*[2] *elevato, secundum mensuram sustinentis in omni positione pondus ipsius determinari est possibile.*

Le développement que l'auteur du *De ponderibus* donne à cette proposition renferme des affirmations inacceptables, non seulement en l'édition si étrangement incorrecte de Curtius Trojanus, mais encore dans les textes manuscrits du XIIIe siècle; la grossièreté même de ces erreurs nous assure qu'elles sont l'œuvre de quelque copiste inintelligent ; d'autant qu'en d'autres parties de son traité l'auteur a usé fort correctement de la notion de moment.

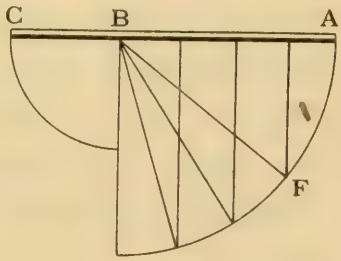


FIG. 1.

La proposition que nous venons de citer a sûrement attiré l'attention de Léonard de Vinci. Au feuillet que nous avons mentionné, deux dessins se trouvent tracés. De ces deux figures, l'une *(fig. 1)* a évidemment trait au changement qu'éprouve le moment d'un poids pendu à l'extrémité d'un bras de levier lorsqu'on incline ce levier; elle est fort analogue à celle qu'avait tracée l'auteur du *De ponderibus ;*

1. *æqualitas* = la position horizontale.
2. *directio* = la verticale.

l'autre *(fig. 2)* représente un treuil par l'intermédiaire duquel deux poids inégaux se tiennent en équilibre.

Auprès de ces deux figures se trouve la réflexion que voici :

« La chose qui, dans la ligne d'égalité, se trouvera plus éloignée de son support[1], sera d'autant moins soutenue par ce

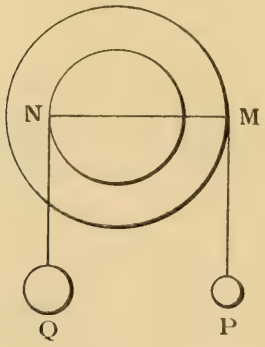


Fig. 2.

Fig. 3.

support, comme cela est démontré ci-dessous, en MN. »

Cette pensée est reprise par Léonard, en la même page, sous quatre formes peu différentes. Contentons-nous d'en reproduire une, qui est la plus développée. Elle accompagne la figure *(fig. 3)* d'une règle très inclinée et où se trouvent marquées les distances des deux extrémités à la verticale du point de suspension. Elle est ainsi libellée :

« La partie de ce bâton qui est la plus éloignée de son support est moins soutenue par ce support; étant moins soutenue, elle garde plus de liberté pour observer sa nature; comme elle est pesante et que la nature des choses pesantes désire descendre, cette partie du bâton descendra plus vite qu'aucune autre partie. »

La page que nous venons de lire suggère bien des remarques.

En premier lieu, les réflexions que nous venons de citer ont été le germe qui a donné naissance à la théorie de la résistance

1. C'est-à-dire : dont la distance à son support a une projection horizontale plus grande.

des matériaux développée par Léonard ; nous le verrons tout à l'heure.

En second lieu, si Léonard a écrit ces réflexions alors qu'il avait sous les yeux le traité de son Précurseur — et la suite de cette étude ne nous permettra guère d'en douter — ces réflexions n'en sont pas moins conçues dans un esprit qui n'est point celui de la *Scientia de ponderibus*. Cet esprit procède bien plutôt de celui d'Albert de Saxe ; il semble inspiré par ce passage[1] où Albertutius critique la notion de gravité *secundum situm* telle que la présentaient les *Auctores de ponderibus :*

« Nous devons déclarer qu'un grave ne désire pas plus descendre par une ligne que par une autre ; s'il descend par telle ligne et non par telle autre, cela tient à ce qu'il est appliqué à telle ou telle résistance...

» Mais, dira-t-on, il semble bien qu'un grave désire plutôt descendre par la perpendiculaire que par une oblique ; nous voyons, en effet, que lorsqu'un grave descend par la perpendiculaire, il est plus difficile de l'arrêter ou d'empêcher sa descente que lorsqu'il descend par une oblique ; il paraît bien que ce soit le signe d'un désir plus grand à descendre par la perpendiculaire que par la ligne oblique.

» Je réponds à cela qu'un grave, en effet, est plus difficile à arrêter lorsqu'il descend suivant la verticale que lorsqu'il descend obliquement ; mais la raison de cet effet n'est point un plus grand désir de descendre par la verticale que par l'oblique ; cet effet tient à ce que le corps pesant éprouve une moindre résistance lorsqu'il descend verticalement que lorsqu'il descend obliquement, sur un plan incliné, par exemple ; or, il est moins facile d'empêcher le mouvement d'une puissance motrice donnée avec une moindre résistance qu'avec une résistance plus grande. »

La méthode par laquelle les *Auctores de ponderibus* traitaient la Statique, forme première de notre moderne méthode des travaux virtuels, n'exigeait pas que l'on prît garde à la réaction des appuis sur les poids mobiles ; Albert de Saxe, au

1. Alberti de Saxonia *Subtilissimæ Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo ;* in librum III quæst. XI.

contraire, comme plus tard Guidobaldo et Varignon, veut qu'on justifie les lois de la Statique par la considération de cette réaction. Dans les passages que nous venons de citer, nous voyons Léonard confronter, pour ainsi dire, les deux méthodes.

Cette occasion n'est pas la seule où les réflexions du *Codice Trivulzio* mettent aux prises les enseignements du Précurseur de Léonard avec les doctrines d'Albert de Saxe; nous en trouverons d'autres.

Mais plus encore que l'influence d'Albert de Saxe, il en est une qui paraît se trahir aux passages que nous venons de citer : c'est l'influence directe des *Questions mécaniques* d'Aristote. En sa deuxième question, le Stagirite déclare qu'un corps mobile sur un cercle éprouve une résistance (ἔκκρουσις) d'autant plus grande que le cercle est plus petit; il en donne cette raison que « l'extrémité du plus petit rayon est plus voisine du centre fixe que l'extrémité du plus grand : Κατὰ γὰρ τὸ ἐγγύτερον εἶναι τοῦ μένοντος τῆς ἐλάττονος τὸ ἄκρον, ἢ τὸ τῆς μείζονος. »

Ce principe joue un rôle tout à fait primordial dans les considérations qu'Aristote développe au sujet des diverses machines. Il était donc bien capable d'attirer l'attention de Léonard, pour peu que celui-ci ait eu connaissance des *Questions mécaniques*.

Or, il serait peu vraisemblable que ce monument de la science grecque lui fût demeuré inconnu, car il attira de bonne heure l'attention des savants de la Renaissance. Nicolas Leoniceni de Tomès, qui enseignait à Padoue à la fin du xve siècle, est un des premiers érudits qui aient étudié les auteurs grecs dans les textes originaux; or, le seul de ces textes dont il ait publié[1] la traduction et le commentaire est celui des *Questions mécaniques*. On peut, d'ailleurs, relever, — et nous l'avons fait[2], — au cours des notes de Léonard, d'autres traces de l'influence exercée par les *Questions mécaniques*.

1. Nicolai Leonici Thomæi *Opuscula* nuper in lucem ædita, quorum nomina proxima habentur pagella... *Conversio mechanicarum quæstionum Aristotelis cum figuris et annotationibus quibusdam*... In fine : Opusculum hoc ex impressione repræsentavit Bernardinus Vitalis Venetus anno Domini MCCCCCXXV, Die XXIII Februarii. Ex Venetiis.

2. *Vide supra :* p. 76.

Voici une nouvelle remarque qui, plus encore que les trois autres, rend intéressants les notes et les dessins que nous avons reproduits :

Ouvrons le cahier manuscrit formé par les feuilles que Libri avait arrachées aux précieux volumes de la Bibliothèque de l'Institut. Un des feuillets de ce cahier[1] nous présente exactement les deux dessins que reproduisent les figures 1 et 2; les points où les cordes enroulées sur les tambours du treuil touchent ces tambours ont été marqués des mêmes lettres M, N. Auprès du premier de ces deux dessins se trouve cette réflexion, presque identique à celles que nous avons lues dans le *Codice Trivulzio :* « La chose qui est plus éloignée de son point d'appui est moins soutenue par lui; étant moins soutenue, elle garde plus de sa liberté, et parce que le poids libre descend toujours, nécessairement l'extrémité du fléau de la balance qui est plus distante de son point d'appui, parce qu'elle est plus pesante, descendra de soi plus vite qu'aucune partie. »

Lorsque Léonard trace ces lignes, il est évidemment préoccupé des mêmes pensées qu'au moment où il jetait ses réflexions sur les feuillets du *Codice Trivulzio*. Mais, maintenant, il en tire des conclusions dont le *Codice Trivulzio* ne porte point de traces.

Au feuillet du manuscrit qui provient du fonds Libri, les dessins reproduits par les figures 1 et 2 se trouvent au-dessous d'un autre croquis; celui-ci, peu différent, d'ailleurs, de notre figure 1, est la copie de l'un des dessins qui illustrent le *Tractatus de ponderibus* de Maître Blaise de Parme. A ce dessin Léonard joint la réflexion que voici :

« Pelacani dit que le plus grand bras de cette balance tombera plus vite que le plus petit, parce que sa descente décrit son quart de cercle plus droit que ne fait le petit, et parce que, le poids désirant tomber par ligne perpendiculaire, il se ralentira d'autant plus que le cercle se courbera plus. »

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien. Ms. 2038 (italien) de la Bibliothèque nationale (Acq. 8070, Libri), fol. 2, verso. Cf. P. Duhem, *Les origines de la Statique,* t. I, p. 160-162.

C'est alors que Léonard dessine le treuil reproduit en la figure 2 et qu'il ajoute ces mots :

« La figure MN jette à terre cette raison, parce que la descente de ses poids ne va pas par cercle, et, pourtant, le poids du grand bras M s'abaisse. »

Ajoutons qu'un peu plus loin, sur le même feuillet, Léonard présente d'une manière fort exacte la notion de moment, dont il fait, à chaque instant, dans ses notes, le plus heureux usage.

Combien sont instructifs les rapprochements que nous venons de faire !

Nous y voyons, tout d'abord, que Léonard avait étudié le *Tractatus de ponderibus* de Blaise de Parme.

Jordanus avait déclaré qu'un corps était d'autant plus pesant qu'il tendait plus directement au centre commun des graves ou, en d'autres termes, que sa trajectoire était moins oblique. A cette considération de l'obliquité de la trajectoire, féconde en corollaires exacts, le Commentateur péripatéticien avait substitué, par une transposition fâcheuse, la considération de la courbure; Biagio Pelacani avait adopté cette manière de voir.

A l'opinion inacceptable du Commentateur péripatéticien et de Blaise de Parme, Léonard oppose victorieusement l'exemple saisissant que lui offre le treuil. Aux principes dont ces mécaniciens se réclamaient, il substitue des considérations inspirées par les doctrines d'Albert de Saxe. Par là, il prépare la voie aux mécaniciens du XVIe siècle qui s'insurgeront contre les enseignements de l'École de Jordanus, et particulièrement à Guidobaldo del Monte[1].

Il y a plus, et l'on est en droit de se demander si le marquis del Monte n'empruntait pas à Léonard quelques-uns des arguments par lesquels il combattait l'École *de ponderibus*. Il est assez malaisé d'en douter lorsqu'on lit ce passage[2], si semblable à ceux que nous venons de citer :

Si le bras de la balance OD *(fig. 4)* est plus long que le

1. Cf. P. Duhem, *Les origines de la Statique*, ch. X : La réaction contre Jordanus-Guido Ubaldo et Benedetti. T. I, pp. 209 sqq.

2. Guidi Ubaldi e Marchionibus Montis *Mechanicorum liber*... Pisauri, apud Hieronymum Concordiam, MDLXXVII. De libra, prop. IV.

bras OC, un poids placé en O sera plus lourd lorsqu'il pend à l'extrémité du premier bras qu'à l'extrémité du second, « car la descente du poids sera plus proche du mouvement naturel par la circonférence OH que par la circonférence OG. Si donc le centre de la balance est placé en D, le poids sera plus libre et moins lié que si le centre était placé en C ; partant, il sera plus lourd. » Ce passage, toutefois, a pu être suggéré au marquis del Monte par la lecture des *Questions mécaniques* d'Aristote.

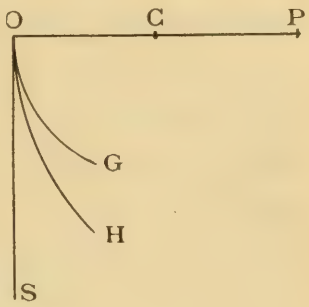


Fig. 4.

D'ailleurs, que Guidobaldo ait connu certaines pensées de Léonard de Vinci, il n'y aurait rien là qui nous puisse étonner; Guidobaldo avait Bernardino Baldi pour familier, et nous avons vu que la Mécanique de Baldi s'inspirait sans cesse des idées conçues par Léonard.

Si Léonard a rejeté certaines des opinions qui avaient cours dans l'École de Jordanus, il y a été poussé par la lecture d'un traité dont usait la même École. Déjà, l'étude des feuillets volés par Libri nous avait conduits à cette conclusion[1] : « En même temps que le traité de Blaise de Parme, Léonard avait sous les yeux l'écrit de son Précurseur lorsque l'idée du moment d'une force s'est manifestée à lui. » Combien plus impérieusement cette conclusion va s'imposer à nous lorsque nous aurons achevé l'examen du *Codice Trivulzio!*

IV

Les réflexions de Léonard sur le quatrième livre du *Tractatus de ponderibus* composé par son Précurseur.

Parmi les propositions que le Précurseur de Léonard a formulées au quatrième livre de son traité, il n'en est presque aucune dont les écrits du grand peintre ne nous offrent un

1. P. Duhem, *Les origines de la Statique*, t. I, p. 164.

commentaire; très souvent ce commentaire se trouve au *Codice Trivulzio;* lorsqu'il ne s'y trouve pas, nous sommes à peu près sûrs de le rencontrer en quelqu'un des cahiers où Léonard a consigné ses réflexions.

N'insistons pas sur la première proposition énoncée par le Précurseur; elle est ainsi formulée : « *Tout milieu gêne le mouvement.* » On ne saurait énumérer tous les passages où Léonard étudie la résistance que les corps en mouvement éprouvent de la part du milieu qu'ils traversent; mais tant d'auteurs en ont parlé avant lui qu'il serait malaisé de relever en ses réflexions la trace de tel ou tel d'entre eux et, en particulier, de l'auteur du *De ponderibus.*

Venons de suite à la seconde proposition que donne cet auteur : « *Plus est pesant le milieu qui doit être traversé, plus est lente la descente qui se fait au travers de ce milieu.* » Cette proposition, à l'appui de laquelle l'auteur cite l'exemple de l'air et de l'eau, est une des traces les plus nettes que l'on puisse relever de l'influence exercée par la Physique péripatéticienne sur la Mécanique du Précurseur. Elle est, en effet, l'axiome invoqué par Aristote, au troisième livre de sa Physique, pour démontrer que le vide est impossible, attendu que dans le vide les graves tomberaient avec une vitesse infinie.

Au *Codice Trivulzio,* nous ne trouvons rien qui concerne cette proposition. Mais nous avons vu certaines réflexions, consignées au *Codice Trivulzio,* se continuer, pour ainsi dire, sur quelques-uns des feuillets dérobés par Libri, et ces feuillets avaient été arrachés au cahier A[1] de la Bibliothèque de l'Institut. Or, si nous ouvrons ce dernier cahier, voici ce que nous y lisons[2] :

« *Du mouvement dans l'air.* — Le mouvement dans l'air est plus rapide que celui de l'eau (quoiqu'il soit causé par une

1. Voir, à cet égard, la note mise par M. Ravaisson-Mollien au bas de la transcription du folio 1, recto, du manuscrit 2038 (italien) de la Bibliothèque nationale (*Les manuscrits* de Léonard de Vinci, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien. Ms. H de la Bibliothèque de l'Institut et mss. Ash. 2038 et 2037 de la Bibliothèque nationale : Paris, 1891). M. Ravaisson-Mollien a, d'ailleurs, fait remarquer (*Ibid.*, conclusion, p. 51) que le manuscrit A de la Bibliothèque de l'Institut et le *Codice Trivulzio* sont de même format.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. A, fol. 30, verso.

force égale), d'autant que l'air est plus subtil que l'eau; tu l'expérimenteras avec une épée. »

Voici la troisième proposition du quatrième livre *De ponderibus* : « *Ce qui a plus de cohésion soutient davantage.* »

C'est assurément à cette proposition que se rapporte une réflexion du *Codice Trivulzio*[1]; un croquis représente une sphère pesante qui s'enfonce dans la vase; à côté de ce croquis se lisent ces deux phrases : « La terre qui est plus mélangée d'eau résistera moins aux poids posés à sa surface. L'eau qui participera davantage de la terre fera résistance à un plus grand poids. »

Nous arrivons à l'une des plus remarquables propositions qu'ait données notre *Auctor de ponderibus*, celle qui occupe la quatrième place ; elle est énoncée en ces termes : « *La descente est d'autant plus lente en un fluide qu'il est plus profond.* » A l'énoncé succède un développement qui mérite d'être reproduit :

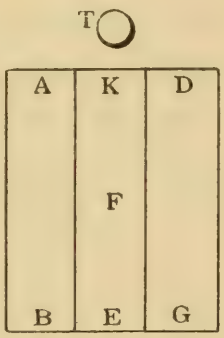


Fig. 5.

« Soit A B G D (*fig.* 5) le fluide profond, enfermé en de certaines lignes; soient E F K les parties au travers desquelles se fait la descente, E étant la plus profondément située; les parties situées de part et d'autre de E sont B et G. Plus le liquide est profond, plus les parties inférieures sont comprimées; E, par exemple, est comprimé non seulement par les parties du liquide qui se trouvent au-dessus, mais aussi par celles qui se trouvent à côté; en effet, comme les parties B, G, sont liquides et comprimées par ce qui se trouve au-dessus d'elles, elles sont poussées à s'échapper de tous côtés; elles font donc effort sur E de telle sorte que si F venait à céder, la partie E sortirait du lieu qu'elle occupe pour prendre une position plus élevée; il est donc clair que non seulement la partie E supporte la partie F, mais encore qu'elle fait effort contre elle, et F en repousse d'autant plus fortement K. F repousserait moins

1. Léonard de Vinci, *Codice Trivulzio*, fol. 33, recto (65).

fortement K si la profondeur du fluide était terminée au-dessous de F; car alors la paroi solide qui se trouverait au-dessous de F supporterait seulement ce liquide sans faire effort à l'encontre. Donc, la descente du liquide K, en la position qu'il occupe, se trouve plus fortement empêchée que si la profondeur était moindre. De même, le poids T qui tombe éprouve un plus fort empêchement. »

Étrange est la proposition[1] et non moins étrange la démonstration! Et cependant, en cette argumentation si peu logique, nous trouvons, de la pression qui s'exerce au sein d'un fluide, une notion plus nette peut-être que celle dont les écrits d'Archimède nous donnent la définition.

Cette notion, Léonard de Vinci la repousse : « Aucun élément, » dit-il[2], « ne pèse au sein de son propre élément, lorsqu'il lui est connexe; les parties supérieures de l'air ne pèsent donc pas sur les parties inférieures. »

En cette brève réflexion, c'est toute la doctrine d'Albert de Saxe sur la gravité qu'il résume pour l'opposer à l'auteur du *De ponderibus*. Nous avons esquissé en notre première étude[3] cette théorie de la gravité et nous avons vu comment elle avait conduit Albert de Saxe à ces conclusions, toutes semblables à celle que Léonard vient de formuler :

« Lorsque[4] les diverses parties d'un corps ne se meuvent point les unes à l'encontre des autres, elles ne se gênent pas les unes les autres. On le voit clairement en observant l'eau dont les parties supérieures ne compriment ni ne dépriment les parties inférieures. »

« Si les parties centrales de la terre[5] sont plus denses que les parties externes, ce n'est point qu'elles soient comprimées par les parties terrestres qui se trouvent au-dessus d'elles; celles-ci ne pèsent pas sur les parties sous-jacentes. »

1. Une proposition analogue se trouve au livre des Προβλήματα attribué à Aristote; un bâtiment enfonce plus dans l'eau douce que dans l'eau de mer; l'auteur pense (XXIII, 3) que cela provient de ce que la mer contient plus d'eau qu'un fleuve.

2. Léonard de Vinci, *Codice Trivulzio*, fol. 6, verso (12).

3. *Vide supra*, p. 16.

4. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de physica auscultatione;* in librum IV quæst. X.

5. Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cielo et Mundo*, libri III quæst. III.

« *Une plus grande largeur diminue la gravité.* » Ainsi est formulée la quatrième proposition de notre auteur[1]. Ici encore, il s'agit d'un aphorisme de la Physique péripatéticienne; au quatrième livre du *De Cœlo* (chap. VI), Aristote admet qu'une large plaque de fer peut flotter sur l'eau pendant qu'une aiguille mince s'enfonce.

Pour justifier son assertion, le disciple de Jordanus a recours à des considérations peu différentes de celles que nous lui avons vu développer tout à l'heure; il invoque la pression que le liquide sous-jacent exerce à l'encontre du grave; plus celui-ci est large, plus est puissante la résistance qu'il a à surmonter, et « plus sa descente est retardée ».

Selon ces derniers mots, la proposition dont il s'agit devient un théorème sur la résistance qu'un fluide oppose à la chute des graves; elle cesse d'être, comme le voulait Aristote, une loi d'Hydrostatique; d'erreur grave elle se transforme alors en vérité assurée. C'est avec ce sens que Léonard l'adopte; c'est en ce sens qu'elle se trouve interprétée dans les multiples énoncés que voici[2] :

« *Du mouvement fait par le grave.*

» Tout grave se meut du côté où il pèse le plus.

» Et le mouvement du grave est fait du côté où il trouve une moindre résistance.

» La partie la plus lourde des corps qui se meuvent dans l'air se fait guide de leur mouvement.

» Ce grave est de plus lente descente dans l'air, qui tombe en plus grande largeur.

» Il suit que ce grave sera de plus rapide descente qui se resserre en plus courte largeur.

» La descente libre de tout grave est faite par la ligne de son plus grand diamètre.

» Ce grave se fait plus rapide qui se réduit en plus courte épaisseur.

1. Au lieu de : *Latitudo major minuit gravitatem,* le texte imprimé par Curtius Trojanus dit : *Altitudo major...*

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 57, recto.

» La descente du grave est d'autant plus lente qu'elle s'étend en plus grande largeur. »

Ce passage est d'autant plus intéressant que la proposition dont nous parlons s'y trouve jointe à cette autre : « La partie la plus lourde des corps qui se meuvent dans l'air se fait guide de leur mouvement. » Cette proposition, qui est un des aphorismes favoris de Léonard, est, elle aussi, un emprunt du grand peintre à son Précurseur.

Le cahier E, dont la citation précédente est extraite, contient nombre de réflexions sur la résistance qu'éprouve un corps fort large lorsqu'il tombe dans l'air. Il est riche, d'ailleurs, en corollaires tirés par le Vinci des enseignements de l'École de Jordanus.

Nous trouvons, d'ailleurs, la proposition qui nous occupe énoncée par Léonard de Vinci en un autre cahier[1] :

« Ce poids se montrera plus léger qui se fera de plus grande figure. »

Continuons la lecture du traité que nous analysons et venons à la proposition suivante, qui est la cinquième :

« *Une chose grave se meut d'autant plus rapidement qu'elle descend plus longtemps*. Ceci est plus vrai dans l'air que dans l'eau, car l'air est propre à toutes sortes de mouvements. Donc un grave qui descend tire, en son premier mouvement, le fluide qui se trouve derrière lui et met en mouvement le fluide qui se trouve en dessous, à son contact immédiat; les parties du milieu, ainsi mises en mouvement, meuvent celles qui les suivent, de telle sorte que celles-ci, déjà ébranlées, opposent un moindre obstacle au grave qui descend. Par le fait, celui-ci devient plus grave et donne une plus forte impulsion aux parties du milieu qui cèdent devant lui, au point que celles-ci ne sont plus simplement poussées par lui, mais qu'elles le tirent. Il arrive ainsi que la gravité du mobile est aidée par leur traction, et que, réciproquement, leur mouvement est accru par la gravité, en sorte que ce mouvement accroît continuellement la vitesse du grave. »

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. M de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 59, recto.

Ces considérations, nous les trouvons presque textuellement reproduites par Léonard au cahier que Venturi a marqué de la lettre M; nous avons remarqué déjà, il y a un instant, que la précédente proposition de l'élève de Jordanus se trouvait très exactement énoncée en ce cahier. Voici donc ce que nous lisons en ce cahier M[1] :

« *La gravité qui descend libre acquiert à chaque degré de mouvement un degré de poids.* Ceci naît par la deuxième du premier qui dit que *ce corps sera plus grave qui aura une moindre résistance.* En cas de la descente libre des corps graves, on voit manifestement, par l'expérience déjà alléguée de l'onde de l'eau, que l'air fait la même onde sous la chose qui descend, parce qu'il se trouve poussé et, de l'autre côté, attiré, c'est-à-dire qu'il fait une onde tournante qui aide à pousser en bas. A présent, pour ces raisons-là, l'air qui fuit en avant du poids qui le chasse montre manifestement qu'il ne lui résiste pas et, pas conséquent, qu'il n'empêche pas ce mouvement; dès lors, plus descend l'onde qui va plus vite que la gravité qui le meut, plus dure le mouvement de cette gravité; plus la dernière onde s'en éloigne et d'autant plus elle prépare l'air qui touche le poids à une facile fuite. »

Reproduisons la sixième proposition du disciple de Jordanus :

« *La forme du corps pesant change la vertu du poids.*

» En effet, si ce corps est étroit et pointu, il traverse plus aisément le milieu, et cela pour deux raisons : en premier lieu, il le sépare plus aisément et, par là, il devient plus léger; d'autre part, il est heurté par une moindre quantité d'air, en sorte qu'il éprouve une moindre résistance et, pour cette raison encore, il passe plus rapidement. Le contraire aurait lieu s'il était obtus. »

Or, au cahier A, Léonard écrit ceci[2] : « Moins la chose mue trouve de résistance dans l'air, plus elle va loin. Le corps long

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. M de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 46, recto.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 36, recto.

et pointu, de proportion pyramidale, ira plus loin qu'un corps rond de poids égal. »

La page où se trouve cette réflexion nous présente encore cette autre pensée :

« *Du coup.* — Un petit poids, tombé de haut, endommage autant son objet qu'un poids médiocre tombé de bas. »

Cette pensée est suggérée à Léonard, croyons-nous, par la septième proposition que son Précurseur donne en son quatrième livre :

« *Tout corps produit une plus forte poussée lorsqu'il est en mouvement.*

» S'il est mû par impulsion, il est clair qu'il est lui même en état de pousser; s'il se meut, au contraire, de son propre mouvement, plus il se meut, plus il devient rapide et, partant, plus il devient pesant. Un corps en mouvement pousse donc un obstacle plus fortement que s'il ne se mouvait point, et d'autant plus fortement qu'il se meut davantage. »

Cette proposition n'est pas seulement intéressante parce qu'elle a sans doute attiré l'attention de Léonard, elle l'est encore parce qu'elle nous manifeste une influence exercée sur son Précurseur; cette influence, dont plusieurs fois nous aurons à relever la trace, est celle des Μηχανικὰ προβλήματα d'Aristote.

La vingtième question de cet écrit demande « pourquoi une hache divise le bois lorsqu'elle frappe, tandis qu'elle ne le divise pas si l'on se contente de la poser à la surface de ce bois ». Aristote répond « qu'un grave en mouvement reçoit davantage le mouvement de gravité que s'il était en repos. Lors donc qu'on pose la hache, elle n'est mue que par le mouvement de sa pesanteur; lorsqu'au contraire elle est lancée, elle se meut et par son poids et par la pesanteur que lui communique celui qui frappe. »

Passons rapidement sur la huitième proposition : « *Ce qui empêche davantage le mouvement reçoit une plus forte impulsion.* » Appuyée d'une démonstration peu intelligible, elle paraît surtout destinée à préparer la suivante :

« *La vertu du moteur semble également frustrée et par un poids*

trop grand de la chose mise en mouvement et par un poids trop faible. »

Voici le développement qui accompagne cette proposition :

« Soient AB le moteur et C le projectile. Il se peut que C soit si léger par rapport à la puissance du moteur AB qu'il n'y mette point obstacle ; alors, il reçoit à peine une impulsion. Il peut arriver, au contraire, qu'il soit si lourd qu'il ne cède pas à la puissance du moteur ou qu'il n'y cède qu'avec peine ; il reçoit donc une impulsion très faible ou nulle. Partant, dans les deux cas, la puissance du moteur semble frustrée, parce que cette puissance ne convient pas ou convient mal au mouvement du projectile. »

Le sujet de cette proposition n'est point démeuré étranger aux méditations de Léonard de Vinci ; témoin ces passages :

« *De la connaissance des poids proportionnés aux puissances de leurs moteurs*[1]. Toujours la puissance du moteur doit être proportionnée au poids de son mobile et à la résistance du milieu dans lequel le poids se meut... »

« *De la chose jetée en l'air avec furie*[2]. — La chose jetée en l'air par une puissance plus grande qu'il ne convient à sa légèreté, fera moins de mouvement, chemin, que si elle était mue par une moindre puissance. Tu verras à en faire l'expérience avec une balle ou une vessie ; si tu la jettes doucement, elle ira fort, et si tu la jettes fort, elle fera peu de chemin. »

« *Pourquoi la balle est chassée plus loin par l'arc que par l'arbalète de grande longueur*[3]. — Toutes les fois que le poids mû par une force ne sera pas proportionné à cette force, la chose poussée ne fera pas son dû parcours.

» Le poids, chassé par la fureur de la force, qui est hors de proportion avec elle, ne fera pas son dû parcours.

» Cela se confirme clairement par l'expérience ; en effet, si

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 28, verso.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 33, recto.

3. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 29, verso.

tu éloignes de toi avec un rapide mouvement de bras une chose dont la légèreté n'est pas compagne de ta force, elle prendra peu de mouvement. De même, si tu traînes une chose d'un poids supérieur à ta force, elle fera peu de chemin. »

Mais la Physique de l'École s'est si souvent intéressée à cette question qu'il serait téméraire de vouloir trop affirmativement désigner l'écrit où Léonard a trouvé le germe de ces réflexions; elles ont pu lui être suggérées par les *Questions* d'Albert de Saxe sur le *De Cœlo* aussi bien que par le *Tractatus de ponderibus;* le rapprochement que nous venons de faire est donc peu propre à mettre en évidence l'influence exercée sur le Vinci par ce dernier écrit.

En revanche, la proposition dont nous venons de citer l'énoncé et la démonstration marque d'une manière particulièrement nette que l'auteur du *Tractatus de ponderibus* avait quelque connaissance des *Questions mécaniques* attribuées à Aristote.

Voici, en effet, comment est formulée la trente-cinquième de ces *Questions :*

« *Pourquoi les projectiles ne sont-ils point lancés au loin lorsqu'ils sont ou trop petits ou trop grands?* »

Et voici la réponse qui est donnée à cette question :

« Il faut que le projectile corresponde d'une certaine manière au moteur. Ne faut-il pas que ce qui doit être projeté et poussé résiste à ce qui le pousse? Dès lors, ce qui ne cède aucunement à cause de sa grandeur ou ce qui ne résiste aucunement à cause de sa faiblesse, ne saurait faire jet ni impulsion. Celui-là, en effet, ne cède aucunement parce qu'il excède trop les forces du moteur; celui-ci, parce qu'il est très faible, ne résiste aucunement... »

La treizième des *Questions mécaniques* est la suivante :

« *Pourquoi les projectiles se lancent-ils plus loin avec une fronde qu'avec la main seule?* »

Les considérations qui accompagnent cette question se terminent ainsi :

« Lorsqu'on se sert d'une fronde, la main se fait centre; la fronde est une ligne issue de ce centre; plus elle est grande,

plus le projectile est mû rapidement. Lorsqu'on jette avec la main, la ligne qui meut le projectile est courte par rapport à la fronde. »

Cette *Question* semble bien avoir inspiré l'auteur *De ponderibus*, lorsqu'il composait sa dixième proposition :

« *La rotation du propulseur en augmente la vertu, et cela d'autant plus fortement que le rayon en est plus long.* »

De cette vérité, l'auteur donne deux raisons :

A l'extrémité d'un plus long rayon, le projectile est plus pesant, et son mouvement est plus rapide.

La onzième et la douzième proposition du Précurseur de Léonard ne portent pas moins nettement la marque de l'influence exercée par les *Questions mécaniques;* mais nous en réservons l'examen pour le prochain paragraphe, car elles ont inspiré ce que Léonard a dit de la résistance des matériaux. Nous passons donc de suite à la treizième proposition :

« *Ce qui reçoit une plus forte impulsion devient plus cohérent.* — L'impulsion est produite par les parties postérieures qui ont à pousser celles qui se trouvent devant elles; comme celles-ci opposent, grâce à leur poids, une certaine résistance, celles qui se trouvent au milieu sont obligées de se resserrer; parfois aussi, elles s'échappent sur les côtés. Il arrive de la sorte que les parties inférieures, qui sont fixées aux parties supérieures, s'appliquent plus étroitement contre ces parties lorsque celles-ci reçoivent une impulsion. »

La condensation de l'air au-devant du mobile qui le traverse a été maintes fois considérée par Léonard. Citons seulement une de ses réflexions à ce sujet[1] :

« L'air se condense devant les corps qui le pénètrent rapidement, avec une densité d'autant plus grande ou plus petite que le mobile est de plus grande ou plus petite vitesse... On prouve pourquoi l'air se condense au-devant des corps qui le pénètrent, parce que ce qui en pousse une partie ne pousse pas le tout de ce qui est en avant. C'est ce que nous enseigne l'inondation qui s'engendre au-devant du navire. »

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 70, verso.

La proposition que nous venons d'étudier paraît avoir eu surtout pour but de préparer la suivante, où le Précurseur de Léonard nous fait connaître sa théorie du rebondissement après le choc. Cette théorie est remarquable par le rôle qu'elle attribue à l'élasticité soit des éléments du corps choquant, soit des éléments du milieu condensé en avant du mobile. La voici :

« *Un corps dont les parties sont cohérentes se rejette directement en arrière s'il est heurté dans son mouvement.* » Cela se produit par l'effet du milieu au sein duquel le corps se meut, que ce milieu soit l'eau ou l'air, et aussi à cause de la plus ou moins grande raréfaction des parties [du projectile]. Soient A le projectile, B le milieu qu'il traverse et C l'obstacle qu'il vient heurter. A met B en mouvement; puis donc que A quitte le lieu qu'il occupait et chasse B du lieu où il se trouvait, il faut que B se retourne en arrière pour remplir le lieu que A laisse derrière lui. La même impulsion a donc pour effet et de chasser B en avant et de le rejeter en arrière par un mouvement tournant, et cela d'autant plus [que l'impulsion est plus forte]. Au moment où A vient heurter C, B ne peut plus avancer; le poids qui le surmonte le comprime alors et le rend plus pesant; mais l'impétuosité de A se trouve brisée par l'obstacle C; B n'est plus pressé que par le poids seul de A; il est alors en état de rejeter en arrière ce projectile, à moins que le poids n'en soit trop fort; et il le rejette normalement, car B recule également de tous côtés.

» La dilatation des parties du mobile produit le même résultat; en effet, les parties du mobile A qui se trouvent en avant sont les premières qui heurtent l'obstacle C; elles se trouvent alors pressées par la masse et par l'impétuosité des parties qui se trouvent derrière elles, ce qui les oblige à se condenser; l'impétuosité des parties postérieures se trouve ainsi amortie; les parties antérieures, reprenant leur volume primitif, reviennent en arrière en communiquant aux autres une impulsion. Si les parties qui ont été ainsi comprimées sont susceptibles de se détacher les unes des autres, elles rejaillissent de-ci et de-là. »

Cette théorie du choc a certainement attiré d'une manière

toute spéciale l'attention de Léonard de Vinci. Le rôle qu'elle fait jouer à la condensation, suivie de dilatation, soit des diverses parties d'un solide élastique, soit même des diverses parties d'un fluide tel que l'air, lui fait comprendre comment on peut observer le rebondissement d'un mobile sur une masse d'air; il applique aussitôt cette idée au vol des oiseaux, sujet constant de ses méditations.

En deux passages du *Codice Trivulzio,* nous voyons cette idée naître au contact de la proposition que nous empruntions, il y a un instant, au traité *De ponderibus.* Voici ces deux passages :

« Quand la force[1] engendre un mouvement plus rapide que la fuite de l'air qui résiste au mobile, cet air vient à se condenser, tout comme les plumes qui sont pressées et foulées par le poids du dormeur; et le corps qui chasse l'air, trouvant une résistance en ce fluide, rebondit à la ressemblance de la balle qui frappe une muraille. »

« L'air se peut comprimer, tandis que l'eau ne le peut pas[2]. Lorsque le mouvement qui chasse l'air est plus rapide que la fuite de ce fluide, la partie qui est la plus voisine du projectile se fait plus dense et, par conséquent, plus résistante. Ainsi, quand le mouvement fait dans l'air est plus rapide que la fuite de cet air, le corps qui a mis cet air en branle vient à prendre un mouvement contraire à celui qui l'animait d'abord. C'est ce qui apparaît dans le vol des oiseaux, lorsqu'il leur est impossible d'abaisser les pointes de leurs ailes vers le bas, bien qu'ils les meuvent avec toute la vitesse que peut produire la puissance du moteur qui les anime; et l'oiseau remonte d'autant plus que les pointes des ailes ont plus de peine à s'abaisser. Il se produit un effet semblable lorsqu'un homme, appuyé du pied et des deux mains à un mur, fait, avec les mains, effort contre ce mur; si le mur ne cède pas, l'homme est nécessairement rejeté en arrière. »

Nous avons vu Léonard concevoir, à la lecture du traité de son Précurseur, le mécanisme qui produit le « vol réfléchi »

1. Léonard de Vinci, *Codice Trivulzio,* fol. 6, verso (12).
2. Léonard de Vinci, *Codice Trivulzio,* fol. 20, recto (46).

des oiseaux; si nous voulions connaître tout le parti qu'il a su tirer du principe ainsi découvert, il nous faudrait reproduire ici maint feuillet du cahier E, conservé à la Bibliothèque de l'Institut[1].

Le Précurseur de Léonard s'était borné à considérer le cas où le projectile, choquant normalement l'obstacle, rebondit suivant la normale. Les lois du choc oblique ne préoccupent pas moins le Vinci, témoin ce passage du *Codice Trivulzio*[2] :

« Toute chose qui heurte un objet résistant rebondit sur cet objet sous un angle égal à celui sous lequel la percussion s'est produite. »

« La même chose est prouvée en la dixième proposition du troisième livre *De la nature du coup,* où l'on traite de la balle lancée contre un mur... »

Cette loi, Léonard la reprend au cahier A qui est, en quelque sorte, la suite de *Codice Trivulzio :*

« La ligne de la percussion, » dit-il[3], « et celle du saut sont placées au milieu d'angles égaux.

» Tout coup frappé sur un objet saute en arrière par un angle égal à celui de la percussion.

» Cette proposition apparaît clairement; en effet, si tu frappes un mur avec une balle, elle sautera en arrière par un angle égal à celui de la percussion; ainsi, si la balle B *(fig. 6)* est jetée en C, elle retournera en arrière par la ligne CB, parce qu'elle est contrainte à laisser sur la paroi FG des angles égaux; et si tu la jettes par la ligne BD, elle retournera en arrière par la ligne DE; et ainsi la ligne de percussion et la ligne de saut feront, sur la paroi FG, un angle situé entre deux angles égaux, comme on voit l'angle D entre M et N. »

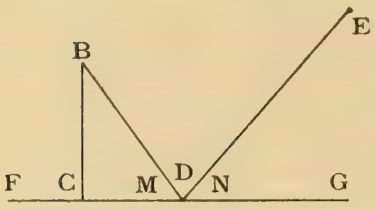


Fig. 6.

1. Voir, en particulier, en ce manuscrit, les folios 21, verso; 37, verso, et 39, recto.
2. Léonard de Vinci, *Codice Trivulzio,* fol. 37, recto (71).
3. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 19, recto.

De cette loi, Léonard fait aussitôt application au phénomène de l'écho[1]. Il examine[2], d'ailleurs, une foule de particularités qui peuvent se présenter dans la réflexion qui suit un choc; visiblement, toutes ces pensées lui sont suggérées par la quatorzième proposition du quatrième livre *De ponderibus*.

Simplicius, voulant prouver l'accélération de la chute des graves, cite[3] deux observations qui sont propres à mettre cette accélération en évidence :

Lorsqu'un filet d'eau tombe d'un lieu élevé, d'une gouttière par exemple, il se montre continu au voisinage de son origine ; mais bientôt l'accélération de la chute sépare les unes des autres les gouttes d'eau qui tombent à terre isolées.

Quand une pierre tombe d'un lieu élevé, elle frappe l'obstacle plus violemment si on l'arrête vers la fin de sa chute qu'au milieu ou au commencement; ce choc plus violent est la marque d'une plus grande vitesse.

Simplicius emprunte ces observations à un écrit intitulé : Περὶ κινήσεως, composé par Straton de Lampsaque qui fut disciple de Théophraste, l'élève préféré d'Aristote. Mais il est clair qu'elles ont pu être faites de tout temps et qu'il serait puéril d'en chercher le premier auteur.

C'est à la première de ces deux observations et à son explication par l'accélération de la chute des graves que se rapporte la quinzième proposition donnée par l'auteur *De ponderibus*, en son quatrième livre : « *Un liquide qui s'écoule d'une manière continue forme un jet dont la section est d'autant plus étroite que le liquide intéressé par cette section coule depuis plus longtemps.* »

Cette influence qu'exerce l'accélération de la chute des graves sur l'écoulement des liquides a maintes fois occupé l'esprit de Léonard[4]. Mais elle avait été si souvent considérée

1. Léonard de Vinci, ms. cit., fol. 19, recto et verso.
2. Léonard de Vinci, ms. cit., fol. 8, recto.
3. Simplicii *in Aristotelis Physicorum libros quattuor posteriores commentaria* edidit Hermannus Diels, Berolini, MDCXCV, p. 916 (Comment. in Physicorum lib. V, cap. VI).
4. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. F de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 50, verso. Ms. M de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 47, verso et recto. *Il Codice Atlantico*, fol. 145; fragment cité par Libri, *Histoire des Sciences mathématiques en Italie*, t. III, note V, p. 212.

par les commentateurs d'Aristote que nous ne saurions déclarer si Léonard la tenait ou non de son Précurseur.

Arrivons à la dernière proposition de l'auteur *De ponderibus*. Voici comment il l'énonce :

« *Si la pesanteur d'un corps n'est pas uniforme, en quelque partie que l'on communique à ce corps une impulsion, la partie la plus lourde viendra se placer en avant.* »

Nous ferons grâce au lecteur des considérations par lesquelles l'auteur prétend justifier cette affirmation, en prouvant que la partie la plus lourde du mobile attire, en quelque sorte, vers elle, la totalité de l'impulsion; nous rechercherons de suite les traces de cette proposition parmi les notes manuscrites de Léonard de Vinci.

Nous les trouvons, tout d'abord, au cahier A; nous y lisons, en effet, ce passage[1], dont la première ligne est presque une traduction de la proposition formulée au traité *De ponderibus :*

« Ce qui est plus loin de celui qui le lance, est ce qui est le plus pesant, attendu que c'est la partie du boulet qui va devant et qu'elle se trouve sur une ligne passant par l'endroit qui l'a poussé et par le centre du poids et de la fuite; et, se trouvant ainsi également au milieu de deux puissances, elle en subit une égale action; or, comme ces forces sont unies, elles produisent une percussion et une ruine plus grande sur le lieu frappé. »

Cette proposition : « Ce qui est plus loin de celui qui le lance est ce qui est le plus pesant, » que Léonard emprunte à son Précurseur, sert ici à expliquer pourquoi un boulet qui frappe normalement une muraille l'endommage plus que s'il la frappait obliquement. Après le choc oblique, le boulet pirouette en se réfléchissant afin de mettre en avant, suivant sa nouvelle trajectoire, la partie la plus lourde qui contient le *centre de la fuite :*

« Et la chose qui sera la plus légère dérivera, car la partie du boulet qui frappe le mur est plus près de la bouche de la

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 44, recto.

bombarde, et, cela étant, est plus éloignée du centre du mouvement, et, le poids étant hors de ce centre, les parties des puissances ne peuvent pas être également distantes, ni également charger sur la partie qui frappe; et naturellement la partie qui pèse le plus pousse le plus, d'où le boulet se tord avec furie; en mettant, après la percussion, d'abord le centre de la fuite, il se tord et touche le mur; mais parce que la ligne de fuite se tord, le coup n'a que peu de force. »

L'influence exercée sur l'esprit de Léonard par la proposition qui nous occupe se remarque encore au cahier E; nous la reconnaissons dans ces formules[1] :

« Tout grave se meut du côté où il pèse le plus. »

« La partie la plus lourde des corps qui se meuvent dans l'air se fait guide de leur mouvement. »

Ces formules, nous les avons déjà rencontrées, car elles se trouvent jointes à diverses variantes de celle-ci, également inspirée par le *Liber de ponderibus :* « Ce grave est de plus lente descente dans l'air, qui tombe en plus grande largeur. » Ce rapprochement, et bien d'autres remarques que nous omettrons, nous prouvent que Léonard attribue maintenant à la résistance de l'air ce fait que « la partie la plus lourde d'un grave se fait guide de son mouvement ». De cette explication, d'ailleurs exacte, le cahier A ne portait point de trace; Léonard semblait, à l'imitation de son Précurseur, y attribuer cet effet à l'inégale distribution de l'*impetus* entre les diverses parties du mobile.

La proposition qui nous occupe est constamment invoquée par Léonard pour rendre compte du moyen par lequel les oiseaux dirigent leur vol.

C'est au milieu de considérations sur le vol des oiseaux que nous retrouvons, au cahier E[2], cette formule :

« Toujours le centre du grave qui descend dans l'air demeurera sous le centre de sa partie la plus légère. »

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 57, recto.

2. Léonard de Vinci, ms. cit., fol. 44, recto.

C'est en un cahier consacré presque entièrement au vol des oiseaux que nous lisons ces phrases[1] :

« ...Parce que toujours la partie la plus lourde se fait guide du mouvement. »

« *De la manière de s'équilibrer.* — Toujours la partie plus lourde des corps est celle qui se fait guide de leur mouvement. »

Léonard de Vinci aime à répéter cette proposition ; en voici encore deux formules :

« Le poids tombant[2] inégal de proportions et de pesanteur dirigera, selon la ligne de sa course, le centre de sa partie la plus lourde sous le centre de sa partie la plus légère. »

« *Du mobile de poids non uniforme qui se meut dans l'air ou ou dans l'eau*[3]. — Dans les mobiles de matière uniforme et de gravité non uniforme, toujours la partie la plus grave se fait guidé. Le poids pyramidal de grosseur uniformément non uniforme[4] qui sera lancé par l'arc avec la pointe en avant tournera immédiatement sa base vers le lieu où son tout se meut. »

En adoptant la loi formulée par son Précurseur, Léonard paraît bien en avoir profondément modifié l'explication ; le titre du passage que nous venons de citer en dernier lieu, les considérations parmi lesquelles se rencontrent d'autres passages analogues, semblent prouver que Léonard rendait compte de cette loi en invoquant la résistance du milieu que traverse le mobile ; il n'est pas certain, cependant, qu'il ait toujours admis cette explication.

Nous savons quel rôle important ces affirmations du Vinci ont joué dans l'évolution de la Mécanique. Par une tradi-

1. *I manoscritti* di Leonardo da Vinci ; *Codice sul volo degli uccelli e varie altre materie.* Publicato da Teodoro Sabachnikoff. Trascrizioni e note di Giovanni Piumati. Traduzione in lingua francese di Carlo Ravaisson-Mollien. Parigi, Edoardo Rouveyre editore ; MDCCCXCIII. Fol. 4, verso, et fol. 16 [15], recto.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. C de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 28, verso.

3. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. G de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 51, recto.

4. Ces mots équivalent aux mots : *uniformiter difformis,* employés par Albert de Saxe, par Nicole Oresme et par la plupart des mathématiciens de l'École ; ils sont exactement rendus par notre expression moderne : *uniformément varié.*

tion ininterrompue qui va de Léonard à Bernardino Baldi, de Bernardino Baldi à Mersenne, à Roberval, à Descartes, au P. Honoré Fabry, de ceux-ci, enfin, à Christiaan Huygens, nous avons vu ces formules donner naissance à notre théorie moderne des centres d'oscillation. De cette tradition, nous avions découvert une première source en la notion de *gravité accidentelle*, communément répandue déjà au début du XIVe siècle; nous venons d'en reconnaître une seconde source en la dernière proposition du *Liber de ponderibus* composé par le Précurseur de Léonard.

V

Les premiers essais sur la résistance des matériaux. Aristote, Vitruve, Héron d'Alexandrie le Précurseur de Léonard, Léonard de Vinci.

En parcourant ce quatrième livre du traité *De ponderibus,* nous avons laissé de côté deux propositions qui ont suggéré à Léonard sa théorie de la résistance des matériaux. Ces propositions occupent le onzième et le douzième rang; elles vont retenir un moment notre attention.

Ces deux propositions tirent leur origine de deux des *Questions mécaniques* d'Aristote, la quinzième et la dix-septième.

La quinzième *Question mécanique* traite « de la rupture d'un morceau de bois au moyen du genou ».

« Pourquoi un morceau de bois donné, » demande Aristote, « se rompt-il plus aisément au moyen du genou si les mains le saisissent près des bouts, que si elles se placent proche du genou? De même, si le pied serre ce bâton contre terre, pourquoi avec la main le brise-t-on plus aisément en le saisissant loin du pied que près du pied? N'est-ce pas parce que le genou, dans le premier cas, et le pied, dans le second cas, jouent le rôle de centre et qu'une chose quelconque est d'autant plus facile à mouvoir qu'elle est plus éloignée du centre? Or, pour briser un objet, il faut le mouvoir. »

Voici maintenant l'énoncé de la dix-septième *Question mécanique,* et le commentaire qui l'accompagne :

« Pourquoi les perches de bois sont-elles d'autant plus faibles qu'elles sont plus longues? Et pourquoi, étant soulevées, se courbent-elles davantage, en sorte qu'une perche mince, longue de deux coudées, se courbe moins qu'une grosse perche, longue de cent coudées? N'est-ce pas parce que ce long morceau de bois que l'on soulève est comme un levier, avec sa charge et son point d'appui? la partie que la main soulève joue le rôle de point d'appui ; l'autre extrémité joue le rôle de poids. Plus cette extrémité est distante du point d'appui, plus la perche se courbera... »

La question soulevée ici par Aristote excède de beaucoup les connaissances physiques de son temps; elle ressortit, en effet, à la théorie de l'élasticité, dont aucune lueur n'a brillé avant le XVIIe siècle; audacieusement, le Philosophe en simplifie la solution qu'il prétend tirer des lois du levier.

On peut répéter la même remarque au sujet de la quinzième *Question mécanique;* c'est bien aux lois du levier qu'Aristote songe lorsqu'il dit qu'un corps se meut d'autant plus qu'il est plus loin du centre ; là, en effet, se trouve, pour le Philosophe, la raison des propriétés du levier.

En son livre peu ordonné sur *Les Mécaniques,* Héron d'Alexandrie reproduit[1], avec de sérieuses variantes, plusieurs des *Questions mécaniques* d'Aristote ; en particulier, les *Questions* que nous venons de citer sont reprises par Héron[2]; voici la forme qu'il leur donne :

« *Question 7.* — Pourquoi rompt-on plus vite un bâton quand on l'appuie sur le genou en son milieu? — Parce que, lorsqu'on place le genou en deçà de la moitié, l'une des deux portions du bâton étant plus longue que l'autre, il constitue une sorte de fléau partagé en deux segments inégaux, et la main la plus éloignée du genou l'emporte sur la plus rappro-

1. *Les Mécaniques ou l'Élévateur* de Héron d'Alexandrie, publiées pour la première fois sur la version arabe de Qostâ ibn Lûkâ et traduites en français par M. le baron Carra de Vaux. Extrait du *Journal Asiatique.* Paris, 1894. Livre II, section IV.

2. Héron d'Alexandrie, *loc. cit.,* p. 146-147. Questions 7 et 8.

chée; les mains ne peuvent résister l'une à l'autre que si elles se trouvent ensemble aux extrémités du bâton à des distances égales du point d'appui. »

« *Question 8.* — Pourquoi un bâton est-il d'autant plus faible qu'il est plus long, et d'autant plus flexible qu'il s'amincit davantage aux extrémités? — Parce que le bâton long subit l'action de forces multiples réparties entre ses différents segments, et dont la somme l'emporte sur la résistance de la partie fixe par laquelle il est soutenu. Il se produit ici la même chose que dans le cas d'un bâton court au bout duquel on suspend quelque chose qui tend à l'abaisser. L'accroissement de longueur du bâton joue le même rôle que ce poids qui appuie sur le bâton court. Le bâton long supporte de lui-même, du fait de sa longueur, la même action que le bâton court au bout duquel on pend un corps lourd. »

Les modifications apportées par Héron au texte d'Aristote ne sont point sans intérêt. Plus formellement que le Stagirite, il fait appel, en la première question, à la théorie du levier; mais ce qu'il demande à cette théorie est vraiment de son ressort. En la seconde question, au contraire, il ne demande plus aux lois du levier de résoudre un problème d'élasticité. Il a donc purifié le commentaire de ces deux questions en éliminant les erreurs commises par la Mécanique trop imparfaite du Philosophe.

La onzième proposition que l'*Auctor de ponderibus* développe en son quatrième livre est ainsi formulée : « *C'est par le milieu que se déprime le plus vite ce qui est soutenu par les extrémités; il se déprime davantage encore s'il reçoit une impulsion, et cela selon la forme et la masse de l'objet qui le presse.* »

Nous ne reproduirons pas le commentaire assez long qui accompagne cette proposition; nous nous contenterons de dire que l'auteur assimile chacun des deux supports au point d'appui d'un levier, et qu'il regarde le milieu de l'objet soutenu comme la partie la plus pesante, parce qu'elle est la plus éloignée de chacun des deux points d'appui. Il explicite donc l'idée erronée que le texte d'Aristote contenait implicitement et que Héron d'Alexandrie avait su éviter.

Le même auteur énonce ainsi sa douzième proposition : « *Lorsque le milieu d'un objet est maintenu fixe, ce sont les extrémités qui se courbent le plus aisément.* »

Au cours des considérations qui accompagnent cette proposition, voici ce que nous lisons : « Plus l'objet considéré est long, plus ses extrémités sont aisées à courber ; c'est pour la même raison qu'en une balance, les charges sont d'autant plus pesantes qu'elles sont plus éloignées du centre, attendu qu'elles décrivent des arcs plus grands. » Il est impossible de résumer plus fidèlement l'opinion qu'Aristote avait émise dans les deux *Questions mécaniques* que nous avons citées.

Les deux propositions que nous venons d'étudier sont, dans les écrits de Léonard, l'origine de développements importants ; elles renferment, en particulier, le germe de ce qu'il dira touchant la résistance des matériaux.

Tout ce qu'il va dire, il le rattachera à ce principe que nous lui avons entendu formuler à propos du levier ou du treuil : « La chose qui est plus éloignée de son point d'appui est moins soutenue par lui. »

Dès le moment où il écrivait ses réflexions sur les feuillets du *Codice Trivulzio,* nous le voyons appliquer ce principe[1] à la flexion des corps fixés par leurs extrémités, comme son Précurseur l'avait fait en la première des deux propositions ci-dessus étudiées. Il dessine une voile gonflée par le vent et, à côté de ce dessin, il écrit : « Cette partie de la voile qui sera plus lointaine de son soutien cédera davantage au vent, son moteur. »

La même pensée, reprise sous diverses formes, se lit au cahier A, qui est en quelque sorte la suite du *Codice Trivulzio :*

« *De l'endroit le plus faible de la chose qui plie*[2]. — Si un corps a une grosseur uniforme, la partie la plus éloignée des extrémités se pliera avec plus de facilité qu'aucune autre. »

« *De la disposition de la chose pliée.* — Si tu veux plier deux

1. Léonard de Vinci, *Codice Trivulzio*, fol. 33, recto (65).

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 33, recto.

choses d'égal poids, tu plieras la plus longue avec une moindre force que la plus courte. »

« *Se souvenir de faire cette expérience.* — Expérimente, si un bois mince, suspendu en travers par ses extrémités sur deux supports, porte 10 livres, ce que portera une poutre de mêmes proportions. Assure-toi si la règle de trois est applicable, car l'expérience fait bonne règle. »

« Dans toute chose suspendue[1], apte à ployer, et de grosseur et de matière uniformes, la partie qui sera la plus éloignée des supports sera celle qui s'abaissera le plus. »

Après avoir étudié la flexion d'une tige supportée par ses deux extrémités, le Précurseur de Léonard, à l'imitation d'Aristote, a étudié la flexion d'une tige fixée en son milieu. Il revient évidemment au même d'étudier la flexion d'une tige dont une extrémité est encastrée, tandis que l'autre extrémité demeure libre. C'est sous cette forme que Léonard aborde le problème, et il en demande toujours la solution au même principe.

Il dessine[2], par exemple, deux bâtons de même grosseur, mais de longueurs inégales, qui sont encastrés dans un mur par une de leurs extrémités; l'autre extrémité, libre, porte un poids. Ce dessin est accompagné du commentaire que voici :

« Si une lance de deux brasses porte 100 livres[3], une brasse de bâton de la même grosseur en portera 200. En effet, autant le bâton court entre dans le long, autant de fois il soutient plus de poids que le long. »

Le principe formulé au *Codice Trivulzio :* « La chose qui est plus éloignée de son point d'appui est moins soutenue par lui, » inspire à Léonard tout ce qu'il écrit sur la résistance des arcs et des voûtes. Cette théorie de la solidité des arcs, qui fait l'objet de mainte réflexion consignée au cahier A, nous la saisissons à l'état naissant en une courte note du *Codice Trivulzio*[4].

1. Léonard de Vinci, ms. cit., fol. 47, verso.
2. Léonard de Vinci, ms. cit., fol. 49, recto.
3. Par un lapsus évident, Léonard a écrit : 10 livres.
4. Léonard de Vinci, *Codice Trivulzio,* fol. 29, recto (28).

Un croquis nous montre *(fig. 7)* une même charge placée successivement à l'extrémité d'un support vertical, au sommet d'un arc ogival, enfin sur la clef de voûte d'un arc en plein cintre; à côté de ce croquis, se trouve cette courte phrase, corollaire immédiat du principe que nous venons de rappeler : « La ligne qui est la plus droite est celle qui résiste le plus. »

Fig. 7.

Le principe dont, assurément, cette conséquence a été déduite, justifie aussi cette conclusion, qui paraît bien, d'ailleurs, être impliquée dans le passage que nous venons de citer : Si l'on réduit par la pensée le support vertical à une simple droite et la charge à un point pesant, la résistance de ce support sera infinie.

Cette conclusion, Léonard la formule à plusieurs reprises au cahier A :

« Si tu charges[1] un support placé en ligne perpendiculaire, de telle façon que le centre de ce support soit sous le centre du poids, il s'enfoncera plus vite qu'il ne ploiera, parce que toutes les parties du poids correspondent aux parties de la résistance. *Il est impossible que le support qui a son centre placé sous le centre du poids superposé par ligne perpendiculaire se puisse jamais ployer, mais d'abord il poussera sous terre sa base.* »

« *De la pression du poids*[2]. — Il est impossible qu'un support de grosseur et de force uniformes, étant chargé debout d'un poids équidistant à son centre, puisse jamais se tordre et se rompre, mais il pourra bien s'enfoncer; mais si le poids en excès se trouve placé plus sur une partie du support que sur l'autre, le support se ploiera du côté où il se trouvera le plus pressé par la plus grande charge, et cassera au milieu de la partie opposée, c'est-à-dire dans cette partie qui est la plus éloignée des extrémités. »

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 45, verso.

2. Léonard de Vinci, ms. cit., fol. 3, verso.

Nous n'insisterons pas sur les diverses remarques et sur les nombreux croquis, relatifs à la solidité des arcs et des voûtes, que renferme le cahier A; en une autre étude[1], nous en avons déjà touché un mot, et nous avons signalé comment les pensées émises à ce sujet par Léonard se retrouvaient dans les *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes* de Bernardino Baldi.

Nous n'avons pas épuisé toutes les réflexions auxquelles le grand peintre s'est livré touchant la résistance des matériaux, et celles qui nous restent à analyser sont d'une singulière importance.

Elles concernent la répartition des efforts exercés par une charge sur les appuis qui la soutiennent.

Pour en trouver la source, il nous faut encore remonter jusqu'aux *Questions mécaniques* d'Aristote.

En sa trentième *Question*, Aristote se demande: « *Pourquoi deux hommes qui portent un poids suspendu à une perche n'éprouvent pas une égale pression.* »

A cette question, il répond que ces deux hommes ne ressentent point une charge égale, à moins que le poids ne se trouve pendu au milieu de la perche; hors ce cas, le porteur qui est plus voisin du poids se trouve plus chargé. « N'est-ce pas, » ajoute le Philosophe, « parce que la perche joue le rôle d'un levier dont le fardeau serait le point d'appui? Des deux portefaix, celui qui est le plus voisin du poids peut être regardé comme la résistance, tandis que l'autre est la puissance; plus celui-ci est distant du fardeau, plus il a de facilité à mouvoir, et plus il presse l'autre porteur, tandis que la charge résiste à la façon d'un point d'appui. »

La théorie du levier est propre, en effet, à fournir la solution de la question posée, mais il la faut appliquer tout autrement qu'Aristote ne l'a fait. Si l'on veut déterminer l'effort que donne un des porteurs et, partant, la charge qu'il ressent, on doit l'assimiler à la puissance qui agit sur un levier dont le point d'appui est l'épaule de l'autre porteur, tandis que le faix

1. Vide supra : III, *Léonard de Vinci et Bernardino Baldi*, III, pp. 106-108.

suspendu représente la résistance. Cette solution exacte conduit, d'ailleurs, pour le rapport des charges éprouvées par les deux portefaix, à la même valeur que la solution incorrecte du Stagirite; ces charges sont entre elles comme les distances des épaules des porteurs au point de suspension du fardeau.

Les *Questions mécaniques* d'Aristote ont été connues par divers mécaniciens de l'Antiquité, parmi lesquels il convient de citer Vitruve; au dixième livre de son *Architecture*[1], il consacre tout un chapitre[2] à exposer quelques-unes des *Questions mécaniques*.

C'est en ce chapitre que nous lisons[3] ce qui suit :

« Lorsque les portefaix six à six, ou quatre à quatre veulent soûlever de lourds fardeaux, ils mesurent les bastons dont ils se servent pour cela, et font en sorte que le centre qui doit porter, soit au milieu, afin de partager la charge également sur les épaules de chacun. Pour cet effet, il y a des chevilles de fer au milieu de leurs bastons, pour empescher que les courroyes qui portent le fardeau ne glissent d'un costé ou d'autre. Or quand le fardeau s'éloigne du centre, il pèse sur celuy des porteurs vers lequel il a coulé, de mesme que lorsqu'on fait aller le poids et l'anneau d'une romaine vers son extrémité... »

« Il en est de mesme des bastons à porter... lorsque les courroyes ne sont pas au milieu, et qu'il y a une partie du baston plus longue et une autre plus courte, sçavoir celle vers laquelle la courroye a coulé; car cela estant ainsi, si l'on fait tourner le baston sur l'endroit où est la courroye, qui est le centre, la partie la plus longue decrira par son extrémité un plus grand cercle, et la plus courte un plus petit; et ainsi de mesme que les petites rouës ont plus de peine à rouler, les bastons... pèsent davantage du costé où est l'intervalle plus court depuis le centre jusqu'à l'extrémité, et au contraire ils soulagent

1. *Les dix livres d'Architecture* de Vitruve, corrigez et traduits nouvellement en François, avec des notes et des figures. Seconde édition reveuë, corrigée et augmentée. Par M. Perrault de l'Académie Royalle des Sciences, Docteur en Médecine de la Faculté de Paris. A Paris, chez Jean-Baptiste Coignard, Imprimeur ordinaire du Roy, ruë S. Jacques, à la Bible d'Or. MDCLXXXIV.

2. Chapitre VIII, *De la force que la ligne droite et la circulaire ont dans les machines pour porter les fardeaux.*

3. Vitruve, *loc. cit.*, p. 311.

d'autant ceux qui les portent, qu'il y a un plus long espace depuis le centre jusqu'à l'extrémité. »

Vitruve a paraphrasé le raisonnement d'Aristote; mais, à coup sûr, il ne l'a point amélioré.

Nous avons vu que Héron d'Alexandrie avait, lui aussi, reproduit quelques-unes des *Questions mécaniques* d'Aristote, mais, parfois, en les modifiant et en les améliorant d'une manière sensible. De ces *Questions,* aucune n'a plus vivement et plus longuement sollicité son attention que celle dont nous nous occupons en ce moment. Le premier, il a vu les liens qui l'unissaient à certains problèmes qui se posent en l'étude de la résistance des matériaux. Plus exactement, il est le premier des géomètres anciens dont les remarques sur ce sujet nous soient parvenues; car, si nous l'en croyons, ces remarques ne font que résumer un ouvrage d'Archimède, aujourd'hui perdu. Voici comment débute le passage[1] du livre de Héron auquel nous faisons allusion :

« Il est nécessaire d'expliquer comment on soutient, comment on porte et transporte les corps graves, avec les développements convenables pour une introduction. Archimède a traité cette matière avec un art très sûr dans son livre appelé *Livre des supports;* pour nous, nous établirons ce qu'on a besoin d'en connaître pour d'autres objets, et nous ferons usage de ces résultats, dans la mesure qui peut convenir aux étudiants. Voici la voie que nous suivrons :

» Soient des colonnes en nombre quelconque; elles supportent des poutres transversales ou une paroi, posées sur elles dans des situations identiques ou diverses, dépassant par l'une de leurs extrémités ou par les deux ensemble, et ces colonnes sont également ou inégalement distancées; nous voulons connaître quelle portion du poids supporte chacune d'elles. Un exemple semblable est offert par ce cas : Une longue poutre, partout de même poids, est portée par des hommes également espacés sur sa longueur et entre ses extrémités;

1. *Les Mécaniques ou l'Élévateur* de Héron d'Alexandrie, publiées pour la première fois sur la version arabe de Qostà ibn Lûkà et traduites en français par M. le baron Carra de Vaux. Extrait du *Journal Asiatique.* Paris, 1894. Livre I, section VI, p. 77.

elle dépasse par l'une de ses extrémités ou par les deux ensemble. Nous voulons connaître quelle portion de son poids chaque homme supporte. Le problème est le même dans les deux cas. »

Si la poutre n'est portée que par deux manœuvres, le problème ainsi énoncé se ramène aussitôt à celui qu'Aristote a considéré; la poutre peut être traitée comme une tige sans poids, à condition que l'on suspende en son centre de gravité une charge égale à son poids; la loi du levier fournit alors la solution demandée.

Lorsque le nombre des porteurs excède deux, la question se complique étrangement; la Mécanique des solides invariables est alors impuissante à déterminer la charge qui presse l'épaule de chaque portefaix; pour que le problème devienne une question définie, il faut que l'on tienne compte des flexions de la poutre, et la question ressortit alors à la théorie de l'élasticité.

Naturellement, Héron n'a point soupçonné cette complication du problème qu'il avait énoncé; naturellement aussi, la solution qu'il en a proposée est tout à fait insuffisante; il n'y a pas lieu de la rapporter ici.

Après avoir donné cette solution, Héron d'Alexandrie aborde le problème même qui avait sollicité l'attention d'Aristote; voici ce qu'il en dit :

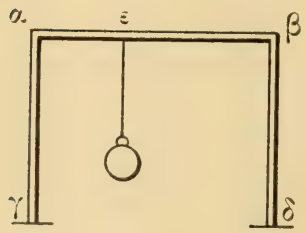


Fig. 8.

« Soit un corps αβ *(fig. 8)*, égal aussi et de même poids dans toutes ses parties; il repose sur des supports dressés dans des conditions identiques αγ et βδ. Il est clair que sur chacun des supports pèse la moitié du poids αβ. Suspendons un poids à αβ, au point ε; si le point ε divise αβ par moitiés, il est évident que chacun des deux pieds supporte une moitié du poids αβ, plus une moitié du poids suspendu au point ε ou chargé en ce point. Si le point ε ne divise pas αβ en deux parties égales, divisons le poids suspendu en deux

1. Héron d'Alexandrie, *loc. cit.*, p. 86.

portions dans le rapport $\frac{\beta\varepsilon}{\varepsilon\alpha}$; le poids de la portion proportionnelle à $\varepsilon\beta$ pèsera sur $\alpha\gamma$ et celui de la portion proportionnelle à $\alpha\varepsilon$ pèsera sur $\beta\delta$. De plus, chacun des deux poids supporte la moitié de $\alpha\beta$. »

La règle que Héron propose pour répartir la charge entre les deux appuis est celle qu'Aristote avait formulée; cette règle, Aristote y était parvenu par un raisonnement inexact; Héron se contente de la poser sans songer aucunement à la justifier.

Le Précurseur de Léonard de Vinci va faire de cette même règle la conclusion d'une déduction logique.

En effet, il s'est préoccupé, lui aussi, du problème qui a sollicité les efforts d'Aristote, de Vitruve et de Héron d'Alexandrie; il le prend pour objet de la proposition qui clôt son troisième livre. Voici cette proposition et la démonstration, aussi brève que correcte, qui l'accompagne :

« *Le poids qui n'est point suspendu au milieu alourdit la plus courte partie dans le rapport de la partie la plus longue à cette partie plus courte*[1]. »

« Soient E *(fig. 9)* le poids suspendu et ABC ce qui le soutient; divisons E en deux parties D et F, de telle sorte que D soit à F dans le même rapport que AB à BC. Si nous suspendons D au point C et F au point A, chacun d'eux aura même pesanteur que le poids E, pourvu que l'on regarde l'autre extrémité comme jouant le rôle de point d'appui du levier. Donc, pour ceux qui portent, en A et C, le poids E, suspendu en B, la pesanteur en A sera à la pesanteur en C comme CB est à BA. »

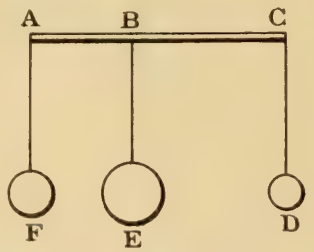


Fig. 9.

Ce court passage mérite grandement, par lui-même, d'attirer l'attention de l'historien des sciences; pour la première fois, en effet, depuis que les hommes s'occupent de Mécanique,

1. Nous trouvons ici un saisissant exemple des déformations que l'édition de Curtius Trojanus a fait subir à la pensée de l'*Auctor de ponderibus*. Celui-ci avait énoncé sa proposition en ces termes : « *Pondus non in medio dependens breviorem partem secundum proportionem longioris ad ipsam graviorem reddit.* » Le *Jordani opusculum de ponderositate*, en sa *Quæstio vigesima-octava*, lui fait dire : « *Mundus non in medio descendens breviorem partem secundum proportionem longioris ad ipsam gravitatem redditur!* »

une force de liaison s'y trouve déterminée par une méthode exacte. Mais combien plus il s'imposera à notre souvenir lorsque nous aurons salué les découvertes qu'il va suggérer à Léonard !

Ce que Léonard de Vinci a pensé en lisant la proposition remarquable que nous venons de reproduire, le *Codice Trivulzio* ne nous le dit pas; pour saisir l'éveil des réflexions du grand peintre, il nous faut recourir à l'un des feuillets[1] que Libri avait arrachés aux cahiers de la Bibliothèque de l'Institut. Ce feuillet se trouve maintenant en un des deux cahiers factices, provenant des déprédations de Libri, que conserve la Bibliothèque nationale; il appartenait primitivement au cahier B, dont il formait le 94e feuillet. Comme le cahier A, le cahier B semble être bien souvent une suite naturelle du *Codice Trivulzio*.

Deux croquis *(fig. 10)* sont tracés côte à côte. En l'un, un

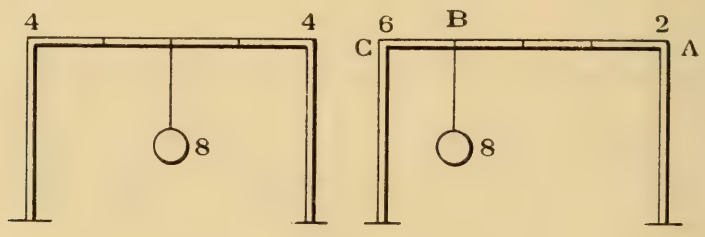


Fig. 10.

boulet qui pèse 8 est suspendu à égale distance des deux supports qui soutiennent une perche; la charge 4 est marquée au-dessus de chacun de ces supports. En l'autre, le même boulet est suspendu au point B dont la distance à l'extrémité A de la perche est triple de la distance à l'extrémité C; un 2 nous indique la charge du support qui aboutit en A, et un 6 la charge du support qui se trouve au-dessous de C.

Ces croquis sont accompagnés du commentaire que voici :

« La même proportion qu'a l'espace BC avec AC, le poids de A l'a avec celui de C. »

« Si tout corps pesant désire tomber au centre, l'opposition

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. 2037 (italien) de la Bibliothèque nationale, fol. 4, verso.

qui en est la plus proche participe plus de ce poids. Et sache qu'autant BC entre par mesure en AC, autant de fois le poids qui se trouve en A entre dans le poids qui se trouve en C; et cette règle est générale. »

VI

Comment Léonard a découvert la loi de composition des forces concourantes.

Comme nous l'annonce cette dernière phrase, Léonard va chercher à généraliser la règle qu'Aristote a posée, que Vitruve, que Héron d'Alexandrie, que son Précurseur ont suivie.

De suite, il propose une première généralisation; le boulet, qui pèse toujours 8, est suspendu *(fig. 11)* au point de jonction

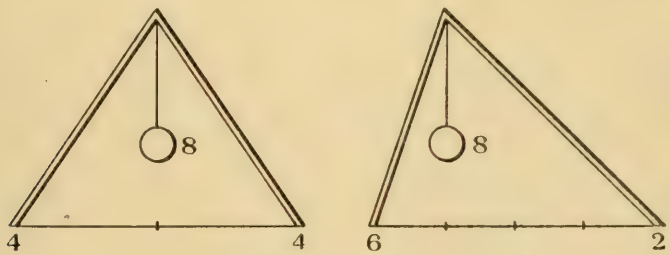


Fig. 11.

de deux poutres inclinées. Dans un premier cas, ces poutres forment, avec la ligne horizontale qui passe par leurs pieds, un triangle isocèle; alors, chacune d'elles transmet au sol une charge 4. Dans un second cas, le triangle est scalène; la verticale du point d'application divise la base en parties dont l'une est triple de l'autre; les appuis pressent alors le sol comme les poids 2 et 6. « Bien que ces supports changent de forme, écrit Léonard, néanmoins ils sont de la même nature que ceux ci-dessus. »

Cette généralisation, fort inexacte d'ailleurs, Léonard va s'efforcer de l'étendre encore davantage : « Ingénie-toi, » dit-il, « à mettre le boulet entre deux cordes. »

Le Vinci s'ingénia aisément à placer le boulet entre deux cordes; nous en avons pour garant un feuillet du manuscrit A[1].

En ce feuillet, qui est, sans doute, postérieur en date au feuillet que nous venons d'étudier, nous trouvons le croquis que reproduit la figure 12; nous voyons comment Léonard étend aux tensions de deux cordes qui soutiennent un poids la règle erronée qu'il avait énoncée pour des appuis qui supportent une charge.

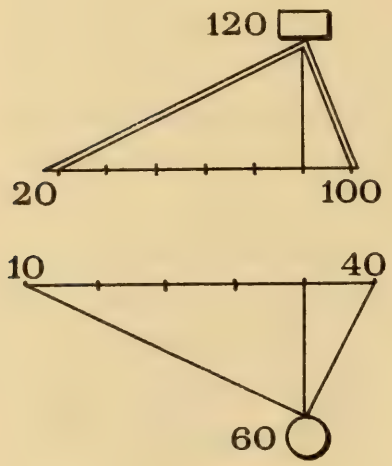


Fig. 12.

Auprès du croquis que nous venons de reproduire s'en trouvent plusieurs autres, où nous voyons un poids soutenu par plusieurs cordes ou par plusieurs poutres; à ces croquis sont jointes les lignes suivantes :

« *De ponderibus*. — Le poids attaché en haut et suspendu avec des cordes ou soutenu par-dessous avec des poutres établies avec leurs extrémités en différentes situations donnera une partie de son poids d'autant plus grande à un support qu'à un autre que le point d'appui de l'un sera plus près de la perpendiculaire du centre du poids que l'autre voisin. »

La lecture d'une proposition que l'*Auctor de ponderibus* avait empruntée aux *Questions mécaniques* d'Aristote a conduit Léonard de Vinci à se poser l'un des problèmes les plus importants de toute la science de l'équilibre, le problème de la composition des forces concourantes.

De ce problème, la première solution qui s'est offerte à l'esprit du grand peintre est une solution erronée; cette solution va retenir avec persistance son adhésion, et, dans ses notes, nous en retrouverons maintes fois la formule[2]. Mais les

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 47, verso.

2. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 31, verso. — Ms. G de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 39, verso.

incessantes méditations du Vinci sur ce sujet contraindront enfin la vérité à se manifester.

Ouvrons le cahier que Venturi a marqué de la lettre E et lisons-le en sens inverse de la pagination. Nous sommes assurés que nous suivrons ainsi, dans la partie de ce cahier qui nous intéresse, l'ordre même des pensées de Léonard ; et à qui en douterait, nous pourrions en fournir des preuves convaincantes.

A la fin du verso du feuillet 61, Léonard, ne pouvant achever un raisonnement, écrit : « Tourne le papier. » En haut du recto du même feuillet, nous lisons : « Ici suit ce qui manque derrière au pied. »

Au verso du feuillet 77, un passage biffé est suivi de cette note, qui semble mise après coup : « Ceci est mieux dit à la troisième page *après* celle-ci. » Or, c'est au recto du feuillet 75 que nous trouvons une nouvelle rédaction du même passage, précédée de ces mots : « Ici se finit ce qui manque à la troisième page *avant* celle-ci. »

Feuilletons donc le cahier E *en commençant par la fin;* à partir du recto du feuillet 71, nous voyons Léonard soucieux de la composition des forces concourantes ; presque à chaque page, nous trouvons des réflexions et des dessins qui ont trait à ce problème; jusqu'au feuillet 68 inclusivement, toutes ces réflexions, tous ces dessins ne sont que des variations sur un thème unique, et ce thème est la règle erronée déjà formulée au cahier A.

Mais voici que l'hésitation s'empare de l'esprit de Léonard ; à côté de cette règle erronée, il en entrevoit une autre, qui est la véritable; entre ces deux solutions du problème qui le préoccupe, il semble tâtonner.

La première page où se marquent ces hésitations se trouve au verso du feuillet 67. La page presque entière est consacrée à des énoncés divers de la règle incorrecte ; mais tout au bas, un dessin[1] représente une poutre soutenue par deux cordes concourantes ; du centre de gravité de la poutre, qui se trouve

1. Ce dessin et le commentaire qui l'accompagne ont été reproduits et étudiés dans *Les origines de la Statique*, t. I, fig. 50 et p. 179.

dans la verticale du point de suspension, deux perpendiculaires sont abaissées sur les deux cordes ; sans doute, Léonard a comparé les moments des tensions des deux cordes par rapport au centre de gravité de la poutre.

Au verso du feuillet 66, nous trouvons des dessins analogues, mêlés à des croquis relatifs à la règle que Léonard va abandonner ; au recto du même feuillet, le Vinci s'efforce de tirer des propriétés des poulies la solution du problème qui le préoccupe.

Mais voici que la lumière se fait dans son esprit ; il voit que la loi de composition des forces concourantes se peut tirer d'une théorie qu'il possède pleinement, la théorie du levier coudé. Il commence par résumer (fol. 65, verso) les principes de cette théorie en les mettant sous la forme qui va lui servir. Puis, par un artifice très élégant[1] (fol. 65, recto, et 64, verso), il résout l'importante question qu'il avait posée en formulant ce théorème : Lorsque deux cordes soutiennent un poids, par rapport à un point pris sur l'une des deux cordes, le poids et la tension de l'autre corde ont des moments égaux et de sens contraires.

Les pages suivantes (fol. 63, verso et recto ; 61, verso et recto ; 60, verso et recto) sont consacrées à des variations sur cette solution, dont la découverte suffirait à mettre Léonard au premier rang des mécaniciens. Nous avons vu que cette découverte lui avait été suggérée par une proposition que l'École *De ponderibus* avait empruntée aux *Questions mécaniques* d'Aristote.

De cette mémorable découverte nous pouvons fixer approximativement la date ; en effet, le cahier E, où elle est consignée, nous apporte deux renseignements propres à déterminer cette date. Au recto du folio 1, nous lisons cette mention : « Je partis de Milan pour Rome au jour 24 de septembre 1513 avec

1. Nous avons étudié la solution, donnée par Léonard, du problème de la composition des forces dans : *Léonard de Vinci et la composition des forces concourantes* (*Bibliotheca mathematica*, 3e série, t. IV, p. 338, 1904) et dans *Les origines de la Statique*, t. I, ch. VIII, 2. Mais, faute d'avoir vu que le manuscrit E devait être lu à rebours, nous avions cru que Léonard avait méconnu sa découverte. Le lecteur trouvera dans ces deux écrits des détails qui ne peuvent, ici, trouver place.

Jean, François de Melzi, Salaï, Laurent et le Fanfoia. » Le recto du feuillet 80 nous présente cette autre indication : « A Parme, à la campagne, au jour 25 de septembre 1514. » Si l'on observe que la partie du cahier E comprise entre le folio 80 et le folio 60 renferme précisément tous les essais qui ont conduit Léonard à la loi de composition des forces concourantes ; que, d'ailleurs, cette partie du cahier E a sûrement été écrite en sens inverse de la pagination, nous voyons que la grande découverte du Vinci est postérieure au 25 septembre 1514 et qu'elle fut sans doute faite peu de temps après cette date. Léonard de Vinci avait alors soixante-trois ans.

VII

Quelques problèmes sur la balance suggérés au Vinci par son Précurseur.

Parmi les propositions que l'*Auctor de ponderibus* a exposées en son quatrième livre, il n'en est aucune dont Léonard ne se soit emparé et à laquelle il n'ait donné quelque développement. Des six propositions qui composent le troisième livre, les deux dernières ont également servi au Vinci, et l'une d'elles, la sixième, lui a fourni l'occasion d'une grande découverte ; c'est en cherchant à la généraliser qu'il a obtenu, le premier, la loi de composition des forces concourantes.

Le grand peintre a-t-il également connu les quatre premières propositions de ce troisième livre?

Les premières propositions de ce livre ont trait à la stabilité de la balance. Aristote avait déjà abordé ce problème en sa troisième *Question mécanique*[1] ; la solution qu'il en avait donnée renfermait de graves erreurs. Ce problème est également l'un de ceux auxquels Jordanus ait tenté d'appliquer la notion de gravité *secundum situm;* et cette application n'est pas la moins fâcheuse qu'il ait faite de ses principes.

1. Cf. *Les origines de la Statique,* t. I, chap. VI, 2 ; p. 110.

Au contraire, tout ce que le Précurseur de Léonard a dit au sujet de cette même question, dans les trois théorèmes par lesquels débute son troisième livre, est très clair et très exact. Bornons-nous à reproduire l'énoncé de ces trois théorèmes :

« *Si le pivot autour duquel tourne la règle qui sert de fléau se trouve au-dessus de cette règle, quels que soient les poids suspendus aux deux extrémités, il est impossible que la règle s'incline jusqu'à devenir verticale.* »

« *Si l'on donne le rapport entre la distance du pivot au milieu de la règle et la longueur de la règle; si l'on donne également les rapports des poids suspendus au poids de la règle, on connaîtra l'angle de la règle avec la verticale.* »

« *Si, au contraire, le pivot se trouve au-dessous de la règle, c'est à peine s'il arrivera que les poids puissent demeurer en équilibre.* »

Léonard a-t-il connu ces propositions? Il est malaisé d'en douter; au sujet de la stabilité de la balance, il a dit[1] des choses fort exactes; et ces choses, très conformes à la théorie de son Précurseur, se trouvent particulièrement au cahier E, où nous avons relevé déjà tant de traces du *Liber de ponderibus*.

Après les trois théorèmes consacrés à la stabilité de la balance, ce livre nous présente cette proposition, d'allure paradoxale, qui mérite de nous arrêter un instant :

« *Le fléau d'une balance se trouvant dans la position horizontale, on peut, du côté que l'on voudra, y suspendre un poids aussi grand que l'on voudra, sans que le fléau soit détourné de la position horizontale.* »

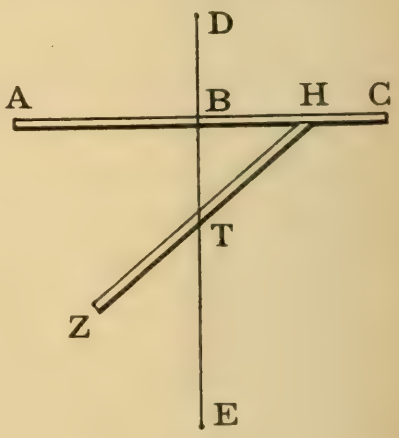


Fig. 13.

Soient, en effet, ABC *(fig. 13)* le fléau, D le pivot autour duquel il tourne, et DE la verticale du point D; pour remplir les conditions de l'énoncé, il suffit de suspendre au bras BH du fléau le poids qu'on y veut attacher, en donnant à ce poids la forme

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. E de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 57, verso; fol. 58, recto; fol. 59, recto. Cf. *Les origines de la Statique*, t. I, p. 169.

d'une règle homogène Z H, dont le milieu T se trouve sur la verticale D E.

Il ne paraît pas douteux que Léonard ait connu cette proposition. Voici un fragment[1] qui lui ressemble fort :

« Si un corps quelconque *(fig. 14)* de longue figure, de grosseur et de poids uniformes, étant suspendu à ses extrémités par deux cordes attachées aux extrémités des bras égaux des

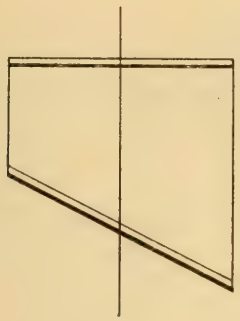


Fig. 14.

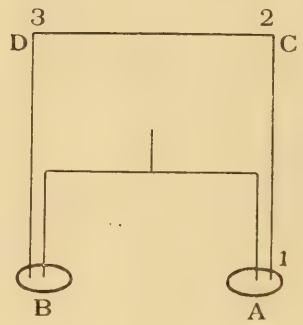


Fig. 15.

balances, les cordes sont de longueurs différentes, les balances n'en resteront pas moins dans la ligne de l'égalité. La raison en est que si tu tires perpendiculairement une ligne qui passe sous le centre de la balance, cette ligne passera aussi par le centre du poids soutenu. »

Assurément, c'est la lecture de cette même proposition qui a suggéré au Vinci cette réflexion[2], inscrite au *Codice Trivulzio :*

« Tout poids fait la somme de sa charge sur sa résistance en ligne perpendiculaire. Soit, sur une balance, un poids qui en est fort distant, comme le montre A B C D *(fig. 15),* et qui soit entièrement uni comme en la figure. Je dis que si l'on met un poids 2 sur C et un poids 3 sur D, le poids 1 en excès apparaîtra dans le plateau B ; et je ramènerai A à l'équilibre en y mettant une livre de plus qu'en B. »

Nous avons accoutumé à voir le cahier A prolonger, en quelque sorte, le *Codice Trivulzio;* nous ne nous étonnerons donc

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. C de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 7, verso.

2. Léonard de Vinci, *Codice Trivulzio,* fol. 3, verso (6).

pas d'y lire la réflexion suivante[1], qui dépend évidemment du même principe que la précédente :

« *De ponderibus* — Si le clou AD *(fig. 16)* est fiché sur l'ais CD et que AB pèse autant que BCD, le clou et l'ais qui le soutient seront en équilibre, et leur pôle sera au point C. »

Qu'il existe un lien étroit entre cette réflexion et celle que nous avons empruntée au *Codice Trivulzio,* on s'en peut assurer

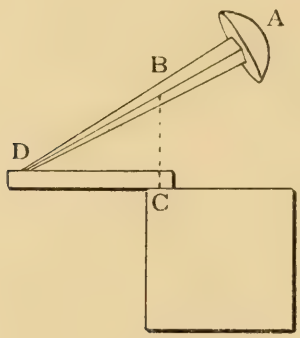


Fig. 16.

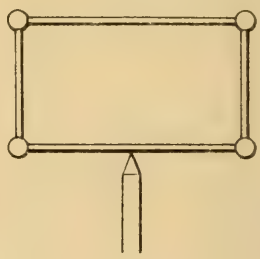


Fig. 17.

sans peine; il suffit de regarder le dessin que Léonard a tracé, sans aucune explication, au-dessous de cette dernière; ce dessin *(fig. 17)* représente un cadre pesant en équilibre sur une pointe. Mais l'équilibre surprenant de ce clou et de l'ais qui le soutient s'expliquait par le théorème du polygone de sustentation, auquel le Vinci avait été précédemment conduit par la lecture d'Albert de Saxe[2]; ainsi, dans l'esprit du grand artiste, se soudaient les unes aux autres les pensées d'origines diverses.

Le cas d'équilibre paradoxal imaginé par Léonard a vivement excité son intérêt; il y revient, en effet, et il en combine un autre semblable, dans le passage suivant[3] :

« Le poids uni qui est soutenu par le milieu, et dont le reste est suspendu, peut être de n'importe quelle forme étrange, car il s'établira toujours en équilibre sur son soutien, et quelque-

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 1, verso.

2. Vide supra : pp. 73 sqq.

3. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 33, verso.

fois les extrémités ne se trouveront pas à égale distance du centre du poids.

» *Exemple.* Soit A B *(fig. 18)* un bout de règle qui pose seulement par l'extrémité A, le reste étant suspendu ; c'est impos-

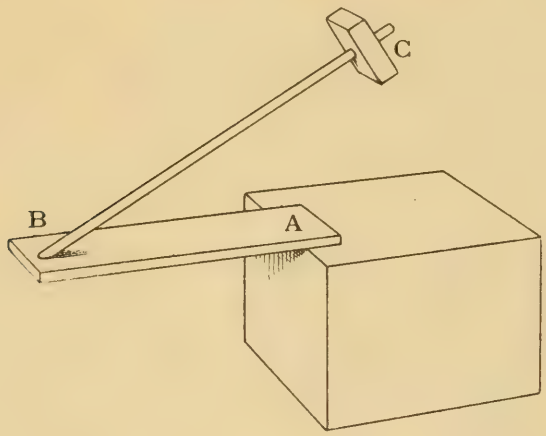


Fig. 18.

sible à faire si d'abord tu n'attaches pas à cette règle le poids C qui fasse un contrepoids tel que A reste au milieu entre C et B, et ce poids viendra à s'arrêter sur le pôle A.

» L'instrument de dessous *(fig. 19)* est soumis à une raison semblable. »

Quel fut le rôle de ces pensées dans l'histoire de la Statique ;

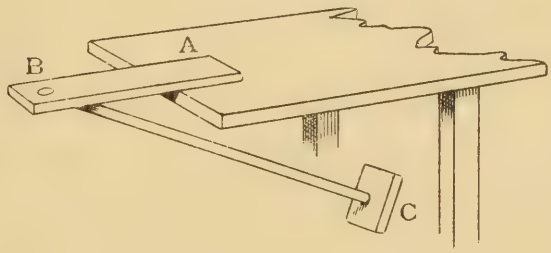


Fig. 19.

comment, plus ou moins défigurées, elles passèrent dans les écrits de Cardan et du P. Mersenne, nous l'avons conté ailleurs[1] et nous ne voulons point le répéter ici : il nous suffit

1. *Les origines de la Statique*, t. II, pp. 106-112 et pp. 126-128.

d'avoir montré comment Léonard les a conçues par le rapprochement des *Subtilissimæ quæstiones in libros de Cœlo et Mundo,* composées par Maître Albert de Saxe, et du *Liber de ponderibus* dont usaient les disciples de Jordanus.

VIII

Conclusion.

Parmi les propositions qui forment les deux derniers livres de ce traité *De ponderibus,* il n'en est presque aucune dont les cahiers de Léonard de Vinci ne nous présentent la trace bien nette et bien reconnaissable; à coup sûr, le grand peintre avait lu et médité les livres III et IV de ce traité.

Avait-il eu connaissance du livre II du même ouvrage?

Ce livre II est consacré à des problèmes sur la balance, problèmes où il est tenu compte du poids du fléau; les questions posées, tout aussi bien que les procédés par lesquels elles sont résolues, rappellent par plus d'un trait le petit écrit intitulé : *De canonio.*

Les problèmes de ce genre ont souvent sollicité l'attention de Léonard de Vinci[1]; mais il est malaisé de fixer l'ouvrage dont la lecture lui a suggéré ces questions; le traité que nous avons étudié au cours de cet article, le *De canonio,* le *Tractatus de ponderibus* de Maître Blaise de Parme peuvent également les lui avoir posées.

En revanche, il est un point qui nous semble hors de doute : du traité dont les derniers livres l'ont si souvent inspiré, Léonard n'a pas connu le premier livre. Voici une raison, entre beaucoup d'autres, qui nous semble capable de fixer notre opinion à ce sujet :

Feuilletons les cahiers où nous avons relevé les traces fréquentes de l'influence exercée sur Léonard par le traité *De ponderibus* de son Précurseur. La plupart d'entre eux, les

1. Cf. *Les origines de la Statique,* t. I, pp. 156-159.

cahiers A, G, E, M, H, de la Bibliothèque de l'Institut, le *Codice sul volo degli uccelli* nous montrent le grand artiste préoccupé du problème du plan incliné; ce problème, il l'aborde par les voies les plus diverses[1]; des solutions qu'il tente, les unes le conduisent à une formule erronée; les autres, par des raisonnements plus ou moins logiques, lui donnent l'énoncé d'une règle exacte. Or, parmi ces solutions nombreuses et variées, il n'en est pas une seule où l'on puisse découvrir le moindre reflet de la méthode, si simple et si convaincante, que l'auteur du *De ponderibus* a exposée en son premier livre; aucune note de Léonard, si courte soit-elle, ne fait allusion à cette belle démonstration. Le silence du Vinci à ce sujet est d'autant plus significatif que la démonstration dont il s'agit reposait sur la notion du travail de la pesanteur, qui fut une de ses idées favorites; qu'elle procédait selon la méthode des déplacements virtuels dont il a fréquemment usé; qu'elle était, en un mot, admirablement propre à ravir son suffrage s'il l'eût connu.

Les notes du Vinci, d'ailleurs, ne portent pas davantage la trace du procédé si élégant par lequel l'auteur du *De ponderibus* a établi la condition d'équilibre du levier coudé. Tout semble donc indiquer que Léonard a ignoré le premier livre du traité composé par le disciple de Jordanus.

Au contraire, il semble avoir bien connu les doctrines mêmes de Jordanus de Nemore; il en a donné une critique très ingénieuse[2].

Les résultats auxquels nous a conduits la comparaison des notes de Léonard avec le traité *De ponderibus* semblent surprenants; ils seraient incompréhensibles si tous les manuscrits de ce traité étaient composés comme ceux que nous avons eus en main, comme celui que Tartaglia a plagié et dont Curtius

1. Cf. *Les origines de la Statique*, t. I, pp. 26-33 et pp. 182-193.

2. Cf. *Les origines de la Statique*, t. I, pp. 165-169. L'Académie royale de Venise possède la première page d'un traité sur la Mécanique écrit par Léonard, traité dont tout le reste est perdu. En cette page, on lit cet énoncé : « *Un grave se montre d'autant plus grande pesanteur qu'il se meut par une ligne plus voisine de la verticale.* » C'est la traduction textuelle du principe de Jordanus : « *Gravius esse in descendendo quanto ejusdem motus ad medium rectior.* » [V. Uzielli, *Ricerche su Leonardo da Vinci*, Serie II, Roma, 1884. — Giovanni Vailati, *Il principio dei lavori virtuali da Aristotele a Erone d'Alessandria* (*Accademia reale delle Scienze di Torino*, anno 1896-1897).]

Trojanus a donné une édition si fautive. Mais il est des textes dont la composition est différente. M. Axel Anthon Björnbo en a signalé[1] un que renferme le manuscrit n° 3102 de la Bibliothèque du Vatican; en ce codex, on trouve tout d'abord les neuf propositions des *Elementa* de Jordanus, puis les quatre propositions du *De canonio;* ces treize propositions sont suivies des trois derniers livres du traité *De ponderibus* qui nous a constamment occupé en cet article. Tout ce que nous avons dit au sujet des emprunts faits par Léonard à la *Scientia de ponderibus* devient fort aisé à comprendre si le manuscrit étudié par le grand peintre se trouvait composé comme celui qu'a décrit M. Bjornbö.

Il est donc possible, au traité *De ponderibus* que nous avons étudié, de supprimer le premier livre et de le remplacer par le traité de Jordanus; c'est assez dire qu'entre le premier livre et les trois derniers, le lien est des plus lâches. Rien de plus aisé, en effet, que de briser ce lien. Aucune des démonstrations exposées aux trois derniers livres n'invoque explicitement une proposition du premier livre. Il y a plus : les deux notions qui jouent, au premier livre, un rôle essentiel, la notion de gravité *secundum situm* et la notion de travail de la pesanteur, n'apparaissent aucunement aux trois derniers livres. Visiblement, le premier livre, d'une part, et les trois derniers livres, d'autre part, forment deux ouvrages distincts, fort artificiellement réunis l'un à l'autre.

Que pouvons-nous dire touchant l'origine de chacun de ces ouvrages?

En celui qui forme les trois derniers livres du traité *De ponderibus,* l'influence de la science grecque se marque avec évidence. Bon nombre de questions examinées en cet ouvrage sont empruntées aux Μηχανικὰ προβλήματα d'Aristote. La forme sous laquelle la théorie des moments est présentée a la plus grande analogie avec celle que lui donne Héron d'Alexandrie en son livre sur *l'Élévateur.*

1. Axel Anthon Björnbo, *Studien über Menelaos' Sphärik. Beiträge zur Geschichte der Sphärik und Trigonometrie der Griechen* (*Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen*, begründet von Moritz Cantor. XIV^tes Heft, S. 147; 1902).

Un autre caractère permet de reconnaître l'origine hellénique de cette partie du traité. En la figure 13, nous avons vu les lettres se succéder dans l'ordre

A, B, C, D, E, Z, H, T;

cet ordre, qui rappelle celui de l'alphabet grec

α, β, γ, δ, ε, ζ, η, θ,

se retrouve dans toutes les démonstrations et dans toutes les figures des livres II et III. Selon M. Hultsch, ces désignations permettent de reconnaître les écrits grecs venus à la connaissance des Occidentaux par l'intermédiaire de versions arabes.

Le passage par l'arabe explique l'absence de tout mot d'origine grecque dans le texte du *De ponderibus;* ces mots sont au contraire très fréquents, en général, dans les versions directes du grec au latin dont le *De canonio* nous offre un remarquable exemple.

Est-il possible d'aller plus loin et de nommer l'auteur grec de cet ouvrage? Nous ne le croyons pas. Thurot, qui a le premier attribué[1] à notre traité une origine hellénique, a émis l'hypothèse de son identité avec le Περὶ ῥοπῶν de Ptolémée. Cette hypothèse ne nous paraît pas justifiée. Simplicius, en effet, connaissait ce traité de Ptolémée qu'il cite[2] en son commentaire au *De Cœlo* d'Aristote. Or, lorsque le même Simplicius énumère[3] les diverses théories qui ont été proposées pour rendre compte de la chute accélérée des graves, il ne mentionne aucunement l'explication si curieuse qu'en donne notre traité *De ponderibus*.

Sans qu'il nous soit donc possible d'en nommer l'auteur, nous pouvons y reconnaître un traité Περὶ ῥοπῶν, composé par un géomètre qui connaissait les Μηχανικά προβλήματα et, peut-être, *l'Élévateur* de Héron d'Alexandrie.

1. Thurot, Recherches historiques sur le Principe d'Archimède (*Revue archéologique,* nouvelle série, t. XIX, 1869, p. 117).

2. Simplicii *in Aristotelis de Coelo commentaria* edidit J. L. Heiberg, Berolini, MDCCCCXCIV (Comment. in de Coelo, lib. IV, cap. IV).

3. Simplicii *in Aristotelis de Coelo commentaria* edidit J. L. Heiberg. Berolini, MDCCCCXCIV, pp. 264 seqq. (Comment. in de Coelo, lib. I, cap. VIII).

Tout différent est le caractère que nous présente le livre I. Aucune marque de la science hellénique ne s'y trouve imprimée. Les lettres qui désignent les divers points des figures s'y succèdent dans l'ordre de l'alphabet latin. La seule empreinte que nous y reconnaissions, profondément gravée, est celle de l'École de Jordanus. L'auteur a écrit après Jordanus de Nemore. Il en reproduit certaines démonstrations, non sans les critiquer. Ses deux propositions les plus marquantes, la condition d'équilibre du levier coudé et sa théorie du plan incliné, sont établies en usant de la méthode par laquelle Jordanus a justifié la loi d'équilibre du levier droit. Visiblement, l'écrit qui forme le premier livre de notre traité *De ponderibus* est une production du Moyen-Age occidental.

Si ces deux écrits, si différents d'origine et de caractère, se trouvent le plus souvent soudés l'un à l'autre, est-ce pur effet de hasard?

Les écrits dont usait l'École *De ponderibus* nous offrent un autre exemple de soudure entre un traité d'origine grecque et un autre traité composé par un géomètre du Moyen-Age; les *Elementa Jordani super demonstrationem ponderis* sont presque toujours, et dès le XIIIe siècle, unis au *De canonio*[1]. De cette rapsodie, la raison est évidente; le *De canonio* ne se suffit pas à lui-même; il invoque des propositions qui ont été démontrées « par Euclide, par Archimède et par d'autres »; or, la démonstration de ces propositions est l'un des principaux objets de l'écrit de Jordanus; cet écrit forme ainsi, au *De canonio*, une introduction très naturelle et peut-être voulue par Jordanus même.

Ne peut-on donner une explication analogue de la soudure entre le premier livre du traité *De ponderibus* et les trois derniers?

Comme le *De canonio*, le second livre de ce traité suppose la loi du levier et son extension au cas où l'on tient compte du poids des bras du levier; l'auteur du premier livre démontre ces propositions exactement comme Jordanus l'avait fait avant

1. Cf. *Les origines de la Statique*, t. I, p. 125-128.

lui; en sorte que son premier livre peut, aussi bien que les *Elementa Jordani,* servir d'introduction au second livre.

Mais ce premier livre apporte au troisième livre un secours que les *Elementa Jordani* ne lui sauraient donner.

Prenons, en effet, la première proposition de ce troisième livre : « *Si le pivot de la balance se trouve au-dessus de la règle qui forme le fléau, quels que soient les poids suspendus en ses extrémités, le fléau ne s'inclinera pas jusqu'à devenir vertical.* » Suivons-en la démonstration :

« Soit ABC *(fig. 20)* le fléau, D le pivot, DBE la verticale; supposons le poids A supérieur au poids C; menons les lignes DC, DA; prolongeons cette dernière jusqu'en Z, de telle sorte que DZ soit à DC comme le poids A est au poids C, et remplaçons le poids A par un poids égal à C, placé en Z... Les choses étant ainsi disposées, Z voudra s'approcher de la verticale DBE autant que C; A se rapprochera donc de la même verticale d'une quantité proportionnelle; il n'arrivera donc pas à toucher cette verticale. »

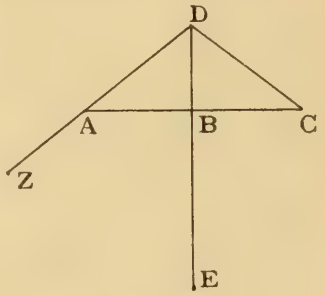


FIG. 20.

Visiblement, cette démonstration suppose un lemme que l'on peut énoncer ainsi : « *Si des poids égaux pendent aux bras inégaux d'un levier coudé, il faudra, pour l'équilibre, que ces poids soient équidistants de la verticale du point d'appui.* » Cette proposition était assurément connue des géomètres de l'École d'Alexandrie; elle est citée par Héron d'Alexandrie[1], qui la regarde avec raison comme impliquée dans les théorèmes d'Archimède. Mais, bien loin de se trouver établie dans les *Elementa Jordani,* elle y était formellement niée. Au contraire, l'auteur du premier livre *De ponderibus* l'énonce exactement en son théorème VIII, et il la justifie par un raisonnement des plus élégants.

De même que Jordanus de Nemore semble avoir rédigé ses

1. *Les Mécaniques ou l'Élévateur* de Héron d'Alexandrie..., pp. 87 sqq.

Elementa pour en faire une sorte d'introduction au *De canonio,* de même son disciple, en composant un premier livre *De ponderibus,* paraît avoir souhaité de fournir aux trois derniers livres un lemme dont ils avaient besoin.

A l'auteur inconnu des quatre livres *De ponderibus,* nous avions proposé de donner un nom; nous l'avions appelé le Précurseur de Léonard de Vinci. Or, voici que cet auteur se dédouble, pour ainsi dire, et que nous trouvons en lui deux personnages : un géomètre adepte de la Science hellène, a rédigé les trois derniers livres de l'ouvrage; un mécanicien occidental, disciple de Jordanus de Nemore, a composé le premier.

Au premier de ces deux auteurs, le titre de Précurseur de Léonard convient très exactement; il n'est aucune proposition de son traité qui n'ait sollicité l'attention du Vinci; il en est qui lui ont suggéré quelques-unes de ses plus belles trouvailles en Mécanique, notamment la loi de composition des forces concourantes.

Au contraire, les théorèmes du second sont demeurés inconnus à Léonard; celui-ci a ignoré la belle solution donnée par celui-là au problème du plan incliné; une telle découverte eût illustré le nom du disciple de Jordanus, si ce nom n'était à tout jamais perdu. L'auteur de cette découverte ne mériterait il pas le titre[1] de Précurseur de Simon Stevin? ou bien encore le titre de Précurseur de Descartes, puisqu'en cette solution et en une autre il a si heureusement usé de la méthode que le grand philosophe devait préconiser?

1. Cette dénomination nous a été proposée par M. P. Mansion, professeur à l'Université de Gand.

VIII

ALBERT DE SAXE

ALBERT DE SAXE

I

Ce que nous connaissons touchant la vie d'Albert de Helmstædt, surnommé Albert de Saxe.

L'influence d'Albert de Saxe sur les pensées de Léonard de Vinci a été considérable; à plusieurs reprises, il nous a été donné d'en relever les marques; souvent, encore, nous aurons à la signaler. Comment ne souhaiterions-nous pas de connaître, aussi complètement que possible, ce que fut la vie de ce maître?

Malheureusement, jusqu'à ces dernières années, nous possédions bien peu de renseignements sur les particularités de cette vie; quelques lignes de Georges Lokert ou de Du Boulay contenaient tout ce qu'il nous était donné d'en savoir.

Aujourd'hui, bien que notre curiosité ne puisse encore satisfaire tous ses légitimes désirs, du moins a-t-elle reçu de précieux aliments par les soins du R. P. Denifle et de M. Émile Chatelain. Dans le *Cartulaire de l'Université de Paris*, dont la publication est due à leur érudition, nous trouvons quelques documents authentiques sur la vie d'Albert de Saxe[1]. Nous trouvons d'autres renseignements, en bien plus grand nombre, dans ce *Livre des Procureurs de la Nation anglaise* qui, déjà, nous a permis de reconstituer quelques parties de la vie de Thémon[2] et dont nous devons la publication aux mêmes savants éditeurs[3].

1. *Chartularium Universitatis Parisiensis* sub auspiciis Concilii generalis Facultatum Parisiensium, ex diversis bibliothecis tabulariisque collegit, cum authenticis chartis contulit, notisque illustravit Henricus Denifle O. P.... auxiliante Æmilio Chatelain... Tomus III, ab anno MCCCL usque ad annum MCCCLXXXXIIII. Parisiis, anno MDCCCLXXXXIIII. — Chercher à la table au nom : *Albertus de Saxonia.*

2. Vide supra : V, *Thémon le fils du Juif et Léonard de Vinci*, pp. 162 sqq.

3. *Auctarium Chartularii Universitatis Parisiensis* sub auspiciis Concilii generalis Facultatum Parisiensium ediderunt Henricus Denifle O. P.... Æmilius Chatelain...

Les premières pièces[1] qui fassent mention d'Albert de Saxe le nomment *Albertus de Helmstede*, Albert de Helmstædt; c'est ainsi qu'il est encore désigné au rôle officiel[2] que l'Université transmet au pape en 1352; mais déjà[3] on avait pris l'habitude de l'appeler Albert de Saxe, *Albertus de Saxonia*.

La ville de Helmstædt appartient aujourd'hui au duché de Brunswick; mais elle fit longtemps partie de la Saxe; lorsqu'en 1180 le duché de Saxe fut démembré, elle continua, avec tout le Brunswick, à constituer les alleux du duc déchu. Il n'est donc pas étonnant qu'à l'Université de Paris, au XIVe siècle, on regardât comme Saxon un maître né dans cette ville.

Albert de Saxe n'était pas le premier citoyen de Helmstædt qui fût venu étudier et enseigner à Paris; l'Université parisienne avait déjà connu un Jean de Helmstædt; celui-ci avait pris la *déterminance* (ou baccalauréat)[4] et la licence[5] en 1345; la même année, il avait débuté[6] comme maître ès arts; élu procureur de la Nation anglaise le 12 juin 1346[7], il ne tarda pas à quitter Paris pour retourner dans son pays[8]; en 1352, le *Livre des Procureurs de la Nation anglaise* le cite de nouveau[9] parmi les maîtres présents à l'Université; puis il n'est plus fait aucune mention de son nom.

C'est en 1351 qu'Albert de Helmstædt subit l'épreuve de la *déterminance* sous maître Albert de Bohême, en même temps que Wiskin Wenslay la subit sous maître Henri de Minden[10]; la même année, les deux condisciples subirent l'examen de licence[11] et débutèrent comme maîtres ès arts[12]. Maître Albert

Tomus I. Parisiis, anno MDCCCLXXXXIIII. — *Liber procuratorum Nationis Anglicanæ (Allemanniæ) in Universitate Parisiensi*. Tomus I, ab anno MCCCXXXIII usque ad annum MCCCCVI. — Chercher à la table au nom *Helmstat (Albertus)*.

1. *Auctarium*, coll. 149, 150, 152 et 154.
2. *Auctarium*, col. 160.
3. *Auctarium*, coll. 155, 158,...
4. *Auctarium*, col. 79.
5. *Auctarium*, col. 85.
6. *Auctarium*, col. 88.
7. *Auctarium*, col. 90.
8. *Auctarium*, col. 95.
9. *Auctarium*, col. 160.
10. *Auctarium*, col. 149.
11. *Auctarium*, col. 150.
12. *Auctarium*, col. 152.

de Bohême avait présidé à toutes les épreuves auxquelles Albert de Saxe avait été soumis.

Chacun des examens universitaires exigeait, de la part du récipiendaire, l'acquittement de certains droits; pour un examen donné, le taux de ces droits n'était pas fixe; il était déterminé d'après les ressources de l'étudiant; ces ressources elles-mêmes étaient évaluées d'après la *bursa*, c'est-à-dire d'après la pension hebdomadaire que le déterminant ou le licencié recevait de sa famille; et parmi ces « escholiers » venus d'Écosse, de Suède ou de Dacie pour recueillir les enseignements de l'Université de Paris, qu'ils sont nombreux ceux dont le nom, sur le *Livre des Procureurs*, est suivi de cette mention : *Cujus bursa nihil!* De leur famille, ils ne recevaient rien; ils vivaient au jour le jour, comme ils pouvaient.

Ni Albert de Saxe, ni son condisciple Wiskin Wenslay, ne se trouvaient dans cet absolu dénuement; leur « bourse » hebdomadaire était de cinq sous au moment de leur déterminance; lorsqu'il débuta comme maître-ès-arts, Albert recevait six sous par semaine; bien peu d'étudiants touchaient davantage.

Ces ressources ne leur permettaient pas, cependant, d'acquitter les droits d'examens; au moment où ils subirent la déterminance, ils durent s'engager[1], par une lettre adressée au receveur de la Nation, à payer les droits de déterminance et de licence avant la fête de la Pentecôte, et ce sous peine d'être privés de leurs titres.

La Pentecôte passa; les honneurs vinrent aux deux condisciples, mais point les ressources qui leur permissent de se libérer.

Wiskin Wenslay avait été élu, dès 1351[2], procureur de la Nation anglaise; Albert de Helmstædt le fut à son tour, la même année, la veille de Noël[3]; et cependant, les billets par lesquels ils s'étaient engagés envers la Nation demeuraient impayés. En 1352, on consentit[4] à leur remettre ces billets en

1. *Auctarium*, col. 149.
2. *Auctarium*, col. 152.
3. *Auctarium*, col. 154.
4. *Auctarium*, col. 158.

échange de la promesse d'acquitter leur dette le plus tôt possible.

Si l'Université et la Nation anglaise nous apparaissent comme des créanciers doués d'une bienveillante patience à l'égard de leurs débiteurs, les maîtres étaient sans doute plus pressés de réclamer les redevances que les usages leur attribuaient. Tout licencié qui faisait sa leçon de début comme maître-ès-arts, tout maître élu procureur était tenu de verser un écu ou un florin pour étancher la soif de ses collègues, francs buveurs pour la plupart; et cet impôt ne souffrait point les longs délais dont s'accommodaient les droits universitaires. En 1351, nous voyons[1] le procureur Wiskin Wenslay et les maîtres nouvellement promus Henri de Clèves, Albert de Helmstædt, Zebald de Nüremberg et Hermann Rotwill verser chacun un florin afin d'offrir une « consolation » *(solacium)* aux maîtres de la Nation anglaise présents à Paris.

Albert de Saxe ne fut pas seulement procureur de la Nation anglaise; nous le voyons[2], en 1353, recteur de l'Université.

Le 13 février 1353, Albert de Saxe présente[3] une requête à la Nation anglaise, assemblée près de l'église Saint-Mathurin; il demande à envoyer, sous le sceau de la Nation, une lettre au cardinal Pierre de Croze, évêque d'Auxerre, qui fut proviseur de la Sorbonne, afin d'être admis en cette maison de Sorbonne; à l'unanimité, sa demande reçoit un accueil favorable.

Albert étudia longtemps en Sorbonne; reçut-il le bonnet de docteur en théologie? Aucun document ne nous autorise à le croire, malgré l'opinion de certains biographes[4].

S'il ne fut point théologien, Albert de Saxe fut assurément un professeur brillant et zélé de la Faculté des arts; le souvenir de son enseignement n'était point effacé au temps de Georges Lokert, et le *Livre des Procureurs de la Nation anglaise* nous apporte maint témoignage de son activité.

1. *Auctarium*, col. 153.
2. *Auctarium*, coll. 165-166.
3. *Auctarium*, col. 162.
4. *Chartularium*, p. 93, en note. (Cette note est attribuée à Albert de Riemestorp, qui, nous le verrons, n'est pas Albert de Helmstædt.

Sans cesse, nous le voyons solliciter l'autorisation de faire des leçons soit en dehors des heures réglementaires, soit aux jours fériés. En 1355, il est autorisé[1], à partir de la fête de Noël, à donner lecture d'un livre d'Aristote à l'heure des nones de la sainte Vierge. En 1356, il lui est permis[2] de faire des leçons, en son propre domicile, sur le livre de philosophie morale qui lui plaira le mieux, les jours de fête, après le sermon. En 1358, il demande[3] à faire, les jours fériés, une leçon sur *la Politique* d'Aristote; Robert le Normand demande également à enseigner, en ces mêmes jours, le *Centiloquium* et l'*Opus quadripartitum* de Ptolémée; ces deux demandes sont favorablement accueillies par la Nation; cependant elle a soin de réserver les droits des autres maîtres qui voudraient, eux aussi, donner des leçons les jours fériés.

Albert a été très activement mêlé à la vie universitaire de son temps; non seulement il a fait passer un bon nombre d'examens de baccalauréat et de licence, il a présidé aux débuts de maint maître-ès-arts, mais encore il a pris part à plusieurs délibérations importantes dont le souvenir nous est conservé par des documents authentiques.

Tous les ans, la Curie pontificale recevait à Avignon un rôle *(rotulus)* qui faisait connaître au Pape l'état du personnel enseignant de l'Université de Paris. L'établissement de ce rôle avait, sans doute, donné lieu à des abus, car la Nation anglaise se réunit, en 1352[4], pour fixer le canon inviolable selon lequel cette pièce serait désormais rédigée. On devait inscrire d'abord les maîtres actuellement pourvus d'un enseignement à Paris, par rang d'âge, en commençant par le plus ancien et en finissant par le plus jeune. Les noms des survenants prendraient place ensuite. Le *Livre des Procureurs* nous donne les noms des maîtres appartenant à la Nation anglaise qui étaient présents à Paris au moment de cette délibération; ce sont : Gautier de Waldelaw, Jean de Wesalie, Gerhardt de Prusse,

1. *Auctarium*, col. 186.
2. *Auctarium*, col. 199.
3. *Auctarium*, col. 225.
4. *Auctarium*, col. 160.

Jean de Helmstædt, Henri de Minden, Mathias de Suède, Wiskin Wenslay, Albert de Helmstædt, Jean de Louvain, Jean l'Écossais, David l'Écossais, Henri de Clèves, Hermann Rotwill, Johannes de Aquis, Tylemann, Eghelin, Gerhardt du Moulin, Thomas l'Écossais et Jean de Minden.

Chaque année, la Nation désignait des maîtres qu'elle chargeait de composer le rôle, conformément au statut; en cette année 1352, Albert fut investi de cette mission[1]; il le fut encore en 1355[2].

Nous avons dit le dénuement de bon nombre d'étudiants appartenant à la Nation anglaise et la bienveillance avec laquelle la Nation leur accordait soit des délais pour le paiement de leurs droits d'examens, soit même la remise de ces droits. Mais cette bienveillance favorisait des abus; certains étudiants aisés se disaient pauvres, afin d'être dispensés des « bourses », et leur fraude portait un grave préjudice aux finances, souvent peu prospères, de la Nation.

Les maîtres de la Nation s'émurent de ces procédés malhonnêtes; ils résolurent d'établir un statut qui y mît fin et, le 24 mai 1354, ils chargèrent[3] cinq d'entre eux d'élaborer ce statut; Wiskin Wenslay et Albert de Saxe qui, peu d'années auparavant, avaient fait appel à la longanimité du receveur de la Nation, furent au nombre des maîtres élus.

Désormais, le candidat dénué de ressources dut affirmer sous serment qu'il ne possédait ni à Paris, ni en son propre pays, la somme d'argent nécessaire à l'acquit des droits; il dut, en outre, laisser en gages, entre les mains des représentants de la Nation, des objets d'une suffisante valeur; au jour de l'échéance, l'étudiant était mis en demeure de se libérer, faute de quoi, les gages étaient vendus au profit du trésor de la Nation.

Ces délais de paiement constituaient une faveur que l'étudiant devait, en général, solliciter en personne de la Nation assemblée. Le 14 mars 1356, nous voyons[4] Maître Albert de

1. *Auctarium*, col. 160.
2. *Auctarium*, col. 184.
3. *Auctarium*, col. 174.
4. *Auctarium*, col. 191.

Saxe et Maître Thémon, le fils du Juif, demander et obtenir cette faveur pour deux candidats retenus dans la salle d'examen et empêchés de présenter eux-mêmes leur requête.

L'étudiant à court d'argent donnait volontiers quelque livre en gage, pour obtenir un délai dans le paiement de ses droits d'examens; mais, au jour de l'échéance, il se trouvait non moins démuni que par le passé et hors d'état de récupérer son gage.

Au début de l'année 1359, la Nation avait à faire face à des dépenses exceptionnelles, car la querelle des théologiens et du recteur de l'Université[1] exigeait la confection d'un rôle spécial et son envoi à Avignon. Aussi, le 14 février[2], la Nation anglaise, réunie avec la Faculté des Arts de l'Université, résolut d'« extorquer quelque argent à ses débiteurs »; elle les convoqua à venir acquitter leurs dettes le dimanche suivant (17 février). Les étudiants furent peu empressés de se rendre à cet appel; ceux qui s'y rendirent furent, par délibération, invités à racheter leurs gages; aux autres, on fit savoir que leurs gages seraient vendus s'ils ne soldaient leur dû; mais nul ne put se libérer. Alors, la majorité de la Nation décida que les gages seraient vendus le plus tôt possible. En attendant, les livres engagés par les étudiants furent mis dans un sac que l'on scella, en présence des bedeaux de la Nation, du sceau du procureur; on mit ce sac en dépôt chez un libraire, Jean de la Porte; le procureur, Henri Egher de Kalker, et les deux maîtres que la Nation avait désignés pour présider à cette opération, Maître Thémon et Maître Albert de Saxe, avancèrent cinq sous et huit deniers pour payer le porteur et pour boire avec les libraires.

Maître Albert était volontiers choisi par la Nation anglaise lorsqu'il s'agissait de la représenter en quelque circonstance importante et délicate; il fut ainsi l'un des témoins qui, le 12 juillet 1358, signèrent le concordat[3] par lequel la Nation anglaise et la Nation picarde fixaient la commune frontière des pays ressortissant à chacune d'elles.

1. Vide supra : V, *Thémon le fils du Juif et Léonard de Vinci*, p. 169.
2. *Auctarium*, col. 241.
3. *Chartularium*, tomus III, p. 56, n° 1240.

En cette même année, un frère d'Albert de Helmstædt, Jean de Saxe, se trouvait à l'Université de Paris. En effet, le 27 août 1358, nous voyons[1] Maître Albert déclarer à l'Assemblée de la Nation anglaise que son frère Jean désire faire ses débuts de maître-ès-arts et regagner aussitôt son pays; il demande donc que l'on veuille bien faire remise au récipiendaire des droits relatifs à cette leçon de début, et que l'on consente également à l'inscrire sur le rôle, avec les autres maîtres absents, moyennant la redevance prescrite. Ces deux requêtes ayant été favorablement accueillies, « Maître Jean de Saxe, frère de Maître Albert de Saxe, débuta sous la présidence de Maître Henri de Saxe. »

Dans une assemblée tenue en octobre 1361, nous voyons[2] la Nation anglaise acquitter certaines dettes qu'elle avait contractées à l'égard de trois maîtres, parmi lesquels se trouvait Albert de Saxe.

Au mois d'octobre de la même année, Maître Albert demande[3] à l'Assemblée générale de la Nation de le nommer curé de la paroisse des Saints Côme-et-Damien, qui s'étendait sous les murs de Paris et qui dépendait de l'Université; à l'unanimité, cette charge lui est confiée.

Peu après, la Nation lui confère[4] la dignité de receveur, en remplacement de Thémon, qu'elle délègue auprès du pape. Maître Albert, d'ailleurs, ne devait pas garder longtemps cette nouvelle fonction, car, le 23 septembre 1362, nous voyons[5] qu'elle est déjà aux mains de Henri de Kempen.

C'est à l'occasion de son élection aux fonctions de receveur que le nom d'*Albertus de Saxonia* est, pour la dernière fois, prononcé par le *Livre des Procureurs de la Nation anglaise;* pas plus que le nom d'*Albertus de Helmstædt*, il ne se retrouve aux pages suivantes. Aussi Du Boulay a-t-il arrêté à sa nomination de curé la carrière du profond philosophe.

1. *Auctarium*, col. 237.
2. *Auctarium*, col. 266.
3. *Auctarium*, col. 267.
4. *Auctarium*, col. 267.
5. *Auctarium*, col. 269.

II

Albert de Helmstædt est-il le même qu'Albert de Ricmestorp?

Cette carrière, d'autres historiens l'ont prolongée davantage; dans ce but, ils ont identifié Albert de Helmstædt avec Albert de Ricmestorp, dont le nom paraît au *Livre des Procureurs de la Nation anglaise* au moment précis où le nom d'Albert de Saxe disparaît.

En 1357, nous voyons[1] un Jean de Ricmestorp subir les examens du baccalauréat. Ce Jean de Ricmestorp, on l'identifie avec Jean de Saxe, qui, en 1358, débute comme maître-ès-arts, après que son frère, Albert de Saxe, a obtenu pour lui une remise de droits.

Ce Jean de Ricmestorp a, en effet, un frère nommé Albert. Le 3 novembre 1362[2], Albert de Ricmestorp est hors d'état de payer les droits d'inscription au rôle; Jean de Ricmestorp supplie la Nation d'accorder un délai à son frère; il s'offre à donner sa parole pour Maître Albert, à s'engager pour lui, envers la Nation, par un billet scellé de son propre sceau, ce qu'on lui accorde.

Albert de Ricmestorp eut, d'ailleurs, une brillante destinée[3]; après qu'il eut été, en 1363, recteur de l'Université de Paris, il fut, en 1365, dépêché en ambassade auprès du pape Urbain V par Rodolphe, duc d'Autriche. En cette même année 1365, l'Université de Vienne fut fondée, et, sous l'influence de Rodolphe, Albert de Ricmestorp fut élu comme premier recteur. Il était chanoine d'Hildeseim lorsqu'il fut nommé, le 21 octobre 1366, évêque d'Halberstadt.

Quelle raison a-t-on pour regarder cet Albert de Ricmestorp comme étant la même personne qu'Albert de Helmstædt ou de Saxe? Celle-ci seulement : Le *Livre des Procureurs de la*

1. *Auctarium*, col. 208.
2. *Auctarium*, col. 275.
3. *Chartularium*, tomus III, p. 93 (en note).

Nation anglaise cesse de mentionner les deux frères Albert et Jean de Saxe au moment même où il commence à citer les deux frères Jean et Albert de Ricmestorp.

Mais, pour soutenir cette identité entre Albert de Helmstædt et Albert de Ricmestorp, que d'invraisemblances il faut accumuler!

Il faut supposer, d'abord, qu'Albert de Saxe abandonne brusquement le nom de sa ville natale et le surnom sous lequel il était célèbre jusqu'alors, pour prendre un nom qu'il n'avait jamais porté.

Il faut supposer que Jean de Saxe, au lieu de retourner dans son pays après son début de maître-ès-arts, comme son frère l'avait déclaré à la Nation, est demeuré à Paris; qu'Albert de Saxe cumule la vie universitaire avec ses fonctions de curé de la paroisse des Saints Côme-et-Damien, et qu'il reprend en 1362 la charge de recteur qu'il avait occupée neuf ans auparavant.

Et ces invraisemblances ne sont pas les seules que l'on doive signaler.

En 1362, Albert de Saxe est curé d'une paroisse de Paris; il vient de quitter les fonctions de receveur, réservées aux maîtres fortunés[1]; il le faut supposer, cependant, si démuni d'argent qu'il ne peut payer son inscription au rôle et que son jeune frère, qui est presque un débutant, lui doit servir de répondant; ne semble-t-il pas plutôt, en cette affaire, que Jean de Ricmestorp se comporte en frère aîné et qu'Albert de Ricmestorp soit le cadet?

D'ailleurs, ce rôle envoyé à Urbain V le 27 novembre 1362, ce rôle à l'occasion duquel Jean de Ricmestorp fut le répondant de son frère Albert, nous en possédons le texte[2], et ce texte apporte contre la thèse dont nous parlons des arguments singulièrement puissants.

Naturellement, les deux frères Jean et Albert de Ricmestorp y figurent, et voici exactement comment ils y sont désignés[3] :

Maître Jean, surnommé le fils de Bernard le Riche, de Ric-

1. *Auctarium*, tomus I, introductio, p. XXII.
2. *Chartularium*, tomus III, n° 1265, p. 82.
3. *Chartularium*, *loc. cit.*, p. 91.

mestorp, au diocèse d'Halberstadt, chanoine majeur de l'Église de Brême.

Maître Albert, surnommé le fils de Bernard le Riche, du diocèse d'Halberstadt, recteur de l'Université de Paris, examinateur des licenciés en l'examen de Notre-Dame de Paris, chanoine de Mayence.

Les deux frères sont originaires du diocèse d'Halberstadt; comment Albert aurait-il pu naître à Helmstædt?

Aussi voyons-nous que la mention de Helmstædt ne figure aucunement au rôle, à la suite du nom d'Albert, non plus que le titre de curé des Saints Côme-et-Damien. Peut-on demander preuve plus convaincante à l'encontre de la proposition que nous avons mentionnée?

A le bien examiner, le rôle nous fournit encore d'autres arguments propres à ruiner cette proposition.

Rappelons-nous, en effet, le statut relatif à la rédaction de ce rôle, statut arrêté dix ans auparavant, en 1352, et à la confection duquel Albert de Saxe avait pris part; en vertu de ce statut, les maîtres présents à Paris, en 1352, devaient être inscrits d'abord, par rang d'âge, du plus ancien au plus jeune; les maîtres entrés plus tard à l'Université devaient prendre rang à la suite.

En vertu de ce statut, nous devons trouver, en tête du rôle de 1362, les noms des maîtres qui enseignent encore à cette date et qui appartenaient déjà à la Nation en 1352; c'est parmi ces noms que nous devons trouver celui d'Albert de Saxe, s'il y figure. Plus loin dans la liste doivent s'inscrire les noms des maîtres moins anciens et, parmi eux, celui de Jean de Ricmestorp.

Examinons donc la liste des maîtres de la Nation anglaise, telle que nous la présente le rôle[1] adressé au pape Urbain V le 27 novembre 1362.

En premier rang, nous trouvons naturellement le procureur de la Nation, Thierry Distel de Unna; c'est, selon l'usage, un jeune maître; il a subi la déterminance, en 1358, sous Albert

1. *Chartularium*, tomus III, n° 1265, pp. 82-93.

de Saxe[1]; en la même année, sa leçon de début a été présidée par Thémon[2]; quatre fois, il été élu procureur de la Nation[3].

Aussitôt après le procureur vient, comme le statut nous le faisait prévoir, un très ancien maître de la Faculté des Arts, Magister Nicolinus de Dombrec, prêtre d'Aberdeen.

Nicolinus de Dombrec a déterminé en 1344[4]; en 1348, il a subi l'examen de licence[5] et débuté[6] comme maître-ès-arts; en 1351, au moment où Albert de Saxe subit la déterminance, il est déjà examinateur pour cette épreuve[7]. Nicolinus de Dombrec continue d'appartenir à l'Université jusqu'en 1364[8]. Il est chargé parfois des missions auxquelles la Nation anglaise attache une importance particulière; lors des démêlés de cette Nation avec la Nation picarde, il est député par les siens[9] d'abord pour entamer les négociations, puis pour rédiger le concordat.

Nicolinus de Dombrec appartenait à l'Université lorsque, en 1352, on arrêta le statut relatif au rôle; mais il était alors absent de Paris. Des maîtres présents à Paris à ce moment, pas un seul ne figure au rôle de 1362. Le premier nom que nous lisions après celui de Nicolinus de Dombrec est, en effet, le nom de Henri de Holtz de Kempen; or Henri de Holtz de Kempen n'a subi la déterminance qu'en 1353[10]; il a été licencié[11] et a débuté comme maître[12] en 1354.

Le nom d'Henri de Holtz de Kempen est suivi du nom de Jean de Ricmestorp, surnommé le fils de Bernard le Riche.

Après Jean de Ricmestorp, nous trouvons:

Henri-Jean de Holtz de Kempen, qui a déterminé en 1358[13] et débuté comme maître-ès-arts en 1359[14].

1. *Auctarium*, tomus I, col. 226.
2. *Auctarium*, tomus I, col. 239.
3. *Auctarium*, tomus I, coll. 251-252, 254, 273, 276.
4. *Auctarium*, tomus I, col. 70.
5. *Auctarium*, tomus I, col. 121.
6. *Auctarium*, tomus I, col. 142.
7. *Auctarium*, tomus I, col. 149.
8. *Auctarium*, tomus I, col. 296.
9. *Auctarium*, tomus I, col. 222.
10. *Auctarium*, tomus I, col. 165.
11. *Auctarium*, tomus I, col. 168.
12. *Auctarium*, tomus I, col. 172.
13. *Auctarium*, tomus I, col. 226.
14. *Auctarium*, tomus I, col. 250.

Henri Yde de Beest, qui a subi la déterminance en 1356[1] et a fait sa première leçon de maître-ès-arts en 1361[2].

Bricius Kerre, prêtre de Glasgow, au sujet duquel le *Livre des Procureurs* est muet.

Wilhelm, dit Bucer, bachelier en 1356[3], et maître-ès-arts en 1357[4].

C'est après tous ces noms que nous trouvons celui d'Albert, dit le fils de Bernard le Riche; parmi les noms des maîtres autres que le Procureur, il occupe le huitième rang; il est à trois rangs après celui d'un maître dont la première leçon date de l'année précédente. Quelle dérogation à l'étiquette si cet Albert, fils de Bernard le Riche, est le même que le savant et illustre professeur Albert de Helmstædt! Comment expliquer un pareil manquement aux égards en des circonstances où un statut, solennellement arrêté, et trop récent encore pour être tombé en désuétude, garantit le respect de la hiérarchie?

N'est-il pas évident qu'Albert, fils de Bernard le Riche, qui sera recteur de Vienne et évêque d'Halberstadt, est, comme nous l'avions supposé, le frère cadet de Jean de Ricmestorp? Qu'il n'a, par conséquent, rien de commun avec le grand philosophe Albert de Helmstædt, dit Albert de Saxe?

III

Albert de Saxe appartint-il a un ordre religieux? Albert de Saxe et Albertutius.

Certains auteurs ont pensé qu'Albert de Saxe était un laïc; sa nomination à la cure de la paroisse des Saints Côme-et-Damien nous prouve surabondamment qu'il était prêtre.

Fut-il prêtre séculier ou bien appartint-il à quelque ordre monastique?

1. *Auctarium,* tomus I, col. 190.
2. *Auctarium,* tomus I, col. 267.
3. *Auctarium,* tomus I, col. 192.
4. *Auctarium,* tomus I, coll. 219-220.

Aucun document contemporain de sa vie ne mentionne qu'il ait été moine. En revanche, à la fin du xve siècle, au début du xvie siècle, les divers ordres se disputent ce philosophe, alors célèbre; les titres de ses livres le donnent comme franciscain, comme dominicain ou comme augustin, selon que l'éditeur est lui-même de la règle de saint François, de celle de saint Dominique ou de celle de saint Augustin.

Ainsi, frère Luca Pacioli di Borgo San Sepolcro, qui est franciscain, cite[1] le *Traité des proportions* d'« Albertutius, ancore de Saxonia, de l'ordine nostro seraphyco ».

Le R. P. Isidoro Isolani de Milan, frère prêcheur, a composé un *Epitome*[2] du *Tractatus proportionum* d'Albert de Saxe; de l'auteur, il fait, bien entendu, son frère en saint Dominique. Édité à Pavie en 1513 et en 1522, à Lyon en 1580, cet *Epitome* est intitulé : *Epithoma in proportiones fratris Alberti de Saxonia, sacri Ordinis Prædicatorum.*

Enfin, nous voyons sa *Logique* attribuée[3] en 1522, par Maître Aurelio Sanuto de Venise, à « Maître Albert de Saxe, de l'ordre des Ermites de saint Augustin ».

Revendiqué de la sorte par les divers ordres monastiques, il est extrêmement probable qu'Albert de Saxe n'appartint à aucun d'eux.

Nous avons dit[4] comment certains historiens avaient été amenés à distinguer l'un de l'autre un premier Albert de Saxe, professant à l'Université de Paris au milieu du xive siècle, et un second Albert de Saxe, moine franciscain du xve siècle, surnommé *Albertutius*. Nous avons dit aussi que cette distinction ne nous semblait aucunement fondée; qu'*Albertutius* était assurément le nom sous lequel le grand penseur du xive siècle était fréquemment désigné au xve siècle et au xvie siècle.

1. *Summa de Arithmetica, Geometria, Proportioni et Proportionalità;* 1re édition, Venise, 1494, p. 68, recto. — 2e édition, Toscolano, 1523, p. 68, recto.

2. B. Boncompagni, *Intorno al Tractatus proportionum di Alberto di Sassonia* (*Bulletino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche e fisiche,* pubblicato da Baldassare Boncompagni, t. IV, 1871, p. 509).

3. *Logica* Albertucii. *Perutilis logica* excellentissimi sacræ theologiæ professoris Magistri Alberti de Saxonia, ordinis Eremitarum divi Augustini, per Magistrum Aurelium Sanutum Venetum; Venetiis, ære et sollertio hæredum O. Scoti. MDXXII.

4. *Vide supra :* pp. 6-7.

A l'appui de cette identification d'Albert de Saxe et d'Albertutius, nous avons déjà apporté des arguments convaincants. Nous avons vu Nicoleto Vernias de Chieti attribuer à Albertutius la théorie de l'*impetus* qu'Albert de Saxe a constamment soutenue en son *Tractatus proportionum,* en ses *Questions sur la Physique,* en ses *Questions sur le De Cœlo.* Nous avons vu[1] Léonard de Vinci attribuer à « Albertucco » un *De calculatione,* c'est-à-dire, selon le langage du temps, un traité des proportions; ce traité, Léonard l'intitule ailleurs[2] *De proportione,* en restituant à l'auteur le nom d'Albert de Saxe.

A ces preuves, nous en pouvons ajouter d'autres.

Nous venons de voir Fra Luca Pacioli attribuer le *Tractatus proportionum* à « Albertutius, dit encore de Saxonia ».

Nous trouvons une indication analogue dans un recueil des commentaires et des questions sur le *De generatione et corruptione,* composés par Gilles de Rome (Ægidus Romanus), Marsile d'Inghen et Albert de Saxe[3].

Dans ce recueil, Paul de Genezano, de l'ordre des frères de Saint-Augustin, se donne, à la fin des *Questions* d'Ægidius et de Marsile, comme en ayant revu la rédaction; il a sans doute accompli la même tâche pour les *Questions* d'Albert de Saxe, en sorte que l'on doit lui attribuer la note qui se trouve au folio 132; en cette note, on fait remarquer au lecteur que les *Questions* d'*Albertutius* portent exactement sur les mêmes textes que les *Questions* de Marsile d'Inghen.

Constamment donc, les œuvres que l'on sait, d'une manière certaine, avoir été composées par Maître Albert de Saxe sont données comme écrites par Albertutius. Ces deux dénominations désignent un même personnage. Ajoutons que

1. *Vide supra :* p. 20.

2. *Vide supra :* p. 23.

3. Egidius cum Marsilio et Alberto *De generatione. Commentaria* fidelissimi expositoris B. Egidii Romani *in libros de generatione et corruptione Aristotelis cum textu intercluso singulis locis.* — *Questiones item subtilissime* ejusdem doctoris *super primo libro de generatione;* nunc quidem primum in publicum prodeuntes. — *Questiones quoque* clarissimi doctoris Marsilii Inguen *in prefatos libros de generatione.*—*Item questiones subtilissime* magistri Alberti de Saxonia *in eosdem libros de generatione;* nusquam alias impresse. — Omnia accuratissime revisa, atque castigata; ac quantum ars aniti potuit fideliter impressa. Colophon : Impressum Venetiis mandato et expensis nobilis viri Luceantonii de Giunta Florentini, Anno Domini 1518, die 12 mensis Februarii.

Nicoleto Vernias ne nomme pas seulement Albert de Saxe *Albertutius;* par opposition à Albert le Grand, il le nomme encore *Albertus parvus.*

Le célèbre philosophe Augustin Nipho désigne[1] Albert de Saxe par les surnoms d'*Albertillus* et d'*Albertilla.* Nipho déclare[2], d'ailleurs, qu'Albert de Saxe fut un savant péripatéticien « *Albertillus non ignarus peripateticus* »; il le regarde[3] comme un grand logicien « *summus logicus* »; il le place[4] au premier rang des faiseurs de raisonnements subtils « *Albertilla captiunculatorum præcipuus* ».

IV

Les écrits d'Albert de Saxe.

Les écrits d'Albert de Saxe sont assez nombreux; il en est dont la vogue a été grande et qui ont été imprimés à plusieurs reprises; il serait fort intéressant d'en posséder la liste complète et exacte. Nous n'avons pas la prétention de donner ici cette liste; pour la dresser, il faudrait des recherches beaucoup plus étendues que celles auxquelles nous avons pu nous livrer. Nous pensons, cependant, être utile à quelques lecteurs en consignant ici les renseignements que nous avons pu recueillir.

De tous les écrits d'Albert de Saxe, aucun ne semble avoir eu plus de vogue que l'opuscule intitulé *Tractatus proportionum.* Cet ouvrage a été l'objet de recherches bibliographiques extrêmement exactes de la part du prince Boncompagni[5].

1. Augustini Niphi medices philosophi Suessani, *In libris Aristotelis meteorologicorum commentaria.* In prælo Brandini et Octaviani Scoti, Venetiis, MDXL. fol. 8, col. a; fol. 14, col. c; fol. 41, col. d; fol. 49, col. a. — Aristotelis Stagiritæ *De Cœlo et Mundo libri quatuor, e græco in latinum* ab Augustino Nipho philosopho Suessano *conversi, et* ab eodem *etiam præclara, neque non longe omnibus aliis in hac Scientia resolutiore aucti expositione.* Venetiis, apud Hieronymum Scotum, MDXLIX, fol. 19, col. a; fol. 26, coll. c et d; fol. 31, coll. c et d; fol. 32, coll. a, b et d; fol. 38, col. b; fol. 50, coll. b et c; fol. 89, col. c.; fol. 92, col. a.

2. Aug. Niphi *In libris meteorologicorum commentaria,* fol. 8, col. a. — *In libris de Cœlo commentaria,* fol. 31, col. c.

3. Aug. Niphi *In libris de Cœlo et Mundo commentaria,* fol. 50, col. c.

4. Aug. Nipho, *loc. cit.,* fol. 26, col. c.

5. B. Boncompagni, *Intorno al Tractatus proportionum di Alberto di Sassonia* (*Bullettino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche e fisiche,* t. IV, 1871, p. 498).

Du *Tractatus proportionum* d'Albert de Saxe, le prince Boncompagni décrit dix éditions.

Trois éditions furent données à Padoue, en 1482, 1484 et 1487, par Matheus Cerdo de Windischgrætz.

A Venise, une édition fut donnée en MCCCCXXXLVII (1487?) par Andreas Catharensis; une autre, en 1494, par Bernardinus Venetus, aux frais de Jeronimus Duranti; une troisième, en 1496, par Bonetus Locatellus, aux frais d'Octavianus Scotus.

Benedictus Hectoris imprima à deux reprises, à Bologne, des collections contenant le *Tractatus proportionum;* ces deux éditions sont datées de 1502 et de 1506. La seconde contient un commentaire à ce même traité; ce commentaire a pour auteur Benedetto Vittori, de Faenza, qui enseigna la logique, la philosophie et la médecine à Bologne et à Padoue[1].

A Paris, une édition, sans date ni nom d'imprimeur, se vendait au faubourg Saint-Jacques, près de l'église Saint-Yves, à l'enseigne du Pélican.

Une dixième édition ne porte ni date, ni indication d'origine.

A la description de ces dix éditions, le prince Boncompagni joint, d'après Échard, la mention d'une onzième édition faite à Venise, en 1496, par les héritiers d'Octavianus Scotus.

Rappelons, en outre, les éditions données à Pavie en 1513 et en 1522, et à Lyon en 1580 de l'*Epithoma in proportiones fratris Alberti de Saxonia,* composé par le R. P. Isidoro Isolani, O. P.

Les *Subtilissimæ quæstiones super octo libros Physicorum* auraient été imprimées à Padoue dès 1493, selon le *Repertorium bibliographicum* de Hain. Deux autres éditions furent imprimées à Venise, aux frais d'Octavianus Scotus, puis de ses héritiers, par Bonetus Locatellus, l'une en 1504, l'autre en 1516.

Dès 1481, les *Quæstiones in Aristotelis libros de Cœlo et Mundo* furent publiées à Pavie par Antonius de Carchano.

1. F. Jacoli, *Intorno ad un comento di Benedetto Vittori, medico Faentino, al Tractatus proportionum di Alberto di Sassonia* (*Bulletino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche e fisiche*, t. IV, 1871, p. 493).

En 1492, Bonetus de Locatellis les imprima à Venise aux frais d'Octavianus Scotus. A Venise encore, Otinus Papiensis les édita en 1497.

Les *Questions* sur le *De generatione et corruptione* d'Aristote ont été, en général, publiées dans le même recueil que les commentaires de Gilles de Rome et de Marsile d'Inghen sur le même traité. Ce recueil, intitulé : *Egidius cum Marsilio et Alberto De generatione*, fut imprimé à Venise, d'abord par Bonetus Locatellus, aux frais d'Octavianus Scotus, en 1504; puis par G. de Gregoriis, en 1505; enfin par Luceantonius de Giunta, en 1518.

Georges Lokert, régent du Collège de Montaigu au commencement du XVIe siècle, a réuni en une même collection[1] les *Quæstiones* d'Albert de Saxe sur les *Octo libri physicorum*, les *Tres libri de Cœlo et Mundo* et les *Duo libri de generatione et corruptione;* il y joignit les *Quæstiones in libros meteororum* de Thémon et les *Quæstiones in parva naturalia* de Jean Buridan. Ce monument, élevé à l'École nominaliste qui florissait à Paris au milieu du XIVe siècle, a été deux fois édité par Jodocus Badius Ascensius et Conradus Resch; les deux éditions ont été données à Paris, en 1516 et en 1518.

Sous le titre de *Logica Albertucii*, la *Logique* d'Albert de Saxe fut éditée à Venise, en 1522, par Aurelius Sanutus Venetus, aux frais des héritiers d'Octavianus Scotus.

En 1497, Bonetus Locatellus imprima à Venise, aux frais d'Octavianus Scotus, les *Quæstiones subtilissimæ Alberti de Saxonia super libros posteriorum Aristotelis.*

Un opuscule intitulé *Tractatus obligationum* fut publié à Lyon, par J. Carcan, au voisinage de 1498; aucune marque typographique, d'ailleurs, ne donne ces indications, que nous empruntons à Mlle Pellechet.

Petrus Le Rouge imprima à Paris, en 1489, un autre opuscule dont le titre est : *Sophismata Magistri Alberti de Saxonia.*

Le *Tractatus obligationum* et les *Sophismata,* joints à un troisième opuscule, les *Insolubilia,* forment une collection qui fut,

1. *Vide supra :* p. 5.

trois fois au moins, imprimée à Paris : en 1490, par Georgius Vuolf Badensis; en 1495, par Felix Baligault; à une date inconnue, par Anthonius Cayllaut.

Le cinquième traité de la *Logica Albertucii* est intitulé : *De paralogismis seu fallaciis;* le sixième et dernier traité se compose de deux parties qui ont pour titres respectifs *De insolubilibus* et *De obligationibus*. Les opuscules intitulés *Tractatus obligationum, Sophismata* et *Insolubilia* sont-ils seulement des extraits de la *Logica?* Ou bien, au contraire, en développent-ils certains chapitres, comme le *Tractatus proportionum* développe quelques-unes des *Questions* sur les *Physiques* ou sur le *De Cœlo?* Nous ne saurions le décider, n'ayant pu consulter ces opuscules.

Nous possédons enfin un ouvrage où les commentaires de Guillaume Occam et d'Albert de Saxe sur l'*Ars vetus* sont réunis sous ce titre : *Expositio aurea et admodum utilis super Artem veterem edita per venerabilem inceptorem fratrem Gulielmum de Ocham cum questionibus Alberti parvi de Saxonia;* cet ouvrage fut imprimé à Bologne, en 1496, par Benedictus Hectoris.

Certains écrits d'Albert de Saxe semblent n'avoir point sollicité l'attention des imprimeurs de la Renaissance; ils sont demeurés inédits ou n'ont été publiés que de nos jours.

M. Heinrich Suter a publié[1] en 1884 un petit traité intitulé *Demonstrationes de quadratura circuli* qui se trouve, sous le nom d'Albert de Saxe, dans un manuscrit du début du xve siècle (Codex A. 50) conservé à la Bibliothèque municipale de Bâle. Comme Boëce et tous ses successeurs, Albert de Saxe croit que le rapport de la circonférence au diamètre est exactement $\frac{22}{7}$.

M. H. Suter a publié également[2] un second fragment, intitulé : *De proportione dyametri quadrati ad costam ejusdem,* qui se trouve, sans nom d'auteur, dans le même manuscrit;

1. Heinrich Suter, *Der Tractatus « De quadratura circuli » des Albertus de Saxonia* (*Zeitschrift für Mathematik und Physik,* XXIX Jahrgang, 1887; *Historisch-literarische Abtheilung,* p. 81).

2. Heinrich Suter, *Die Questio « De proportione dyametri quadrati ad costam ejusdem » des Albertus de Saxonia (Zeitschrift für Mathematik und Physik,* XXXII Jahrgang, 1887, p. 41).

M. Suter attribue cet écrit à Albert de Saxe; nous développerons dans une note[1] les raisons qui nous font rejeter cette opinion.

M. Aschbach mentionne[2] un traité *De maximo et minimo* d'Albert de Saxe comme existant en manuscrit à Venise; ce traité contient sans doute le développement des idées sur les maxima et minima qu'Albert a exposées en sa quatorzième question sur le premier livre du *De Cœlo et Mundo.*

M. Aschbach attribue également à Albert de Saxe un *Tractatus de latitudinibus formarum* qui aurait été imprimé à Venise en 1505; mais nous n'avons pu trouver aucune trace de cet ouvrage, ni découvrir en les écrits d'Albertutius aucune mention des mots *latitudo formarum.* Nous pensons qu'il y a là quelque confusion; il est bien vrai, en effet, qu'on imprima à Venise, en 1505, un recueil[3] qui contenait deux traités *De latitudinibus formarum;* mais de ces deux traités, l'un était dû à Nicole Oresme et l'autre à Blaise de Parme.

Vraisemblablement, cette liste des ouvrages d'Albert de Saxe est incomplète; elle suffit, cependant, à donner une idée de l'activité intellectuelle de ce grand philosophe, à marquer la vogue dont il jouissait au début de la Renaissance, enfin à combattre l'inexplicable oubli où le délaissent ceux qu'intéressent les progrès de la pensée humaine au cours du Moyen-Age.

1. *Vide infra :* note A.

2. Aschbach, *Geschichte der Wiener Universität,* Bd. I, p. 365.

3. *Questio de modalibus* Bassani Politi. — *Tractatus proportionum introductorius ad calculationes* Suisset. — *Tractatus proportionum* Thome Bradvardini. — *Tractatus proportionum* Nicholai Horen. — *Tractatus de latitudinibus formarum* ejusdem Nicholai. — *Tractatus de latitudinibus formarum* Blasii de Parma. — Auctor *sex inconvenientium.*

Colophon : Venetiis, mandato et sumptibus heredum quondam nobilis viri D. Octaviani Scoti Modoetiensis per Bonetum Locatellum Bergomensem presbyterum, kalendis Septembribus 1505.

NOTES

NOTES

A. — SUR UN ÉCRIT ATTRIBUÉ A ALBERT DE SAXE

Un manuscrit conservé à la Bibliothèque municipale de Bâle, le *Codex* A. 50, contient, parmi beaucoup d'autres pièces, un écrit intitulé : *Questio Alberti de Saxonia de quadratura circuli;* nous avons dit, en notre VIIIe étude, que cet écrit avait été publié par M. Heinrich Suter.

A la suite de ce traité sur la quadrature du cercle, se trouve un autre opuscule qui a pour titre : *Item alia questio de proportione dyametri quadrati ad costam ejusdem* et qui ne porte aucun nom d'auteur. M. H. Suter a publié également[1] cet opuscule qu'il attribue formellement à Albert de Saxe.

Parmi les raisons qu'invoque M. H. Suter pour justifier cette attribution, nous trouvons d'abord le langage en lequel cet opuscule est écrit : « Je m'arrêterai seulement à ce sujet », dit M. H. Suter, « à l'expression *est dare* pour *il y a, il y aura,* qui revient plusieurs fois dans les deux mémoires que je publie; on la rencontre fréquemment dans ceux des écrits d'Albert de Saxe que j'ai eu l'occasion de comparer à ces mémoires, par exemple dans les commentaires à la Physique d'Aristote, au *De Cœlo*, et au *De generatione et corruptione*, que cet auteur a composés. Au contraire, cette expression ne se rencontre absolument pas *(gar nicht)* dans les écrits d'autres scolastiques comme Guillaume d'Occam *(In libros physicorum Aristotelis)* et Thémon *(In quatuor libros meteororum Aristotelis)*; certains, comme Jean Buridan, ne l'emploient qu'en quelques écrits (par exemple, dans le commentaire au *De anima* d'Aristote), et encore n'en usent-ils que fort rarement. »

A l'appui de l'attribution à Albert de Saxe de la question *De proportione dyametri quadrati ad costam ejusdem,* M. H. Suter allègue une autre raison. En ses questions sur la Physique d'Aristote, Albert de Saxe invoque à deux reprises (*In lib.* III *quæst.* XI et *in lib.* VI *quæst* I) l'incommensurabilité du rapport entre le côté du carré et la diagonale pour combattre l'existence des indivisibles; c'est précisément ce que fait l'auteur de la *Question* conservée dans les manuscrits de Bâle.

Ces deux raisons n'ont pas, croyons-nous, la valeur absolument démonstrative que leur attribue M. H. Suter.

Les expressions : *est dare maximam quantitatem, est dare minimam quantitatem*, signifiant : *telle quantité admet un maximum ou un*

1. Heinrich Suter, *Die Questio « De proportione dyametri quadrati ad costam ejusdem » des Albertus de Saxonia* (*Zeitschrift für Mathematik und Physik*, XXXII Jahrgang, 1887; *Historisch-literarische Abtheilung*, pp. 41-56).

minimum semblent absolument consacrées, dans le langage scolastique, dès le début du XIVe siècle. Nous voyons Gilles de Rome (Ægidius Romanus) écrire[1] : « Est dare minimam carnem et minimam aquam ; » il emploie sept fois l'expression *est dare* au cours de ses questions IV, V et VI sur le premier livre du *De generatione et corruptione*. Walther Burley dit de même[2] : « Non est dare minus minimo. » Nous trouvons cette forme de langage trois fois dans une seule question[3] de Guillaume d'Ockam sur le *Livre des sentences* de Pierre Lombard.

Dans ses divers écrits, Albert de Saxe emploie très fréquemment cette tournure d'un latin barbare ; mais ses contemporains ne se font point faute de l'imiter là où ils en trouvent l'occasion.

Cette occasion ne se rencontre pas fréquemment dans les écrits de Jean Buridan que nous avons eu occasion de feuilleter ; mais elle se présente une fois, et il semble que Buridan ait hâte d'en profiter, car dans les deux pages qu'occupe une de ses questions sur le *De anima* d'Aristote, nous avons relevé jusqu'à vingt-huit emplois de la forme *est dare*[4].

Les successeurs d'Albert de Saxe ne se font point faute non plus d'user de cette expression ; on la rencontre très fréquemment dans les écrits de Marsile d'Inghen et de Pierre d'Ailly.

On ne saurait donc voir dans l'emploi de cette formule : *Est dare*, un motif suffisant pour attribuer à Albert de Saxe la question *De proportione dyametri quadrati ad costam ejusdem*.

Cette attribution ne trouve pas non plus une suffisante justification dans cette remarque qu'Albert a, par deux fois, invoqué la nature incommensurable du rapport entre le côté du carré et la diagonale pour réfuter la doctrine des indivisibles. Cet argument, en effet, était tout à fait classique en la Scolastique du XIVe siècle.

Il semble qu'il ait été imaginé par Roger Bacon, qui l'expose en son *Opus majus*[5]. Jean Duns Scot l'a reproduit[6]. Guillaume d'Ockam

1. Egidii Romani *in libros de physico auditu Aristotelis commentaria accuratissime emendata*. Colophon : Venetiis impressus mandato et expensis heredum nobilis viri Domini Octaviani Scoti civis Modoetiensis per Bonetum Locatellum presbyterum. 12 Kal. Octobr. 1502. fol. 59, col. b.

2. Burleus *Super octo libros phisicorum*. Colophon : Impressa arte et diligentia Boneti Locatelli Bergomensis, sumptibus vero et expensis nobilis viri Octaviani Scoti Modoetiensis. Venetiis, anno Salutis 1491, quarto Nonas Decembris. f° 71, col. b.

3. Guilhelmi de Ockam *Super quatuor libros sententiarum annotationes;* libri II quæstio VIII.

4. Joannis Buridani, artium liberalium doctoris subtilissimi, *In secundum Aristotelis de anima librum* quæst. XX. (Dans l'édition de Georges Lokert qui a été décrite ci-dessus, p. 5).

5. Fratris Rogeri Bacon, Ordinis Minorum, *Opus majus*, ad Clementem quartum, pontificem Romanum, ex M. S. Codice Dubliniensi, cum aliis quibusdam collato, nunc primum edidit S. Jebb. M. D. Londini, typis Gulielmi Bowyer ; MDCCXXXIII, p. 93.

6. R. P. F. Joanis Duns Scoti, Doctoris subtilis, Ordinis Minorum, *Quæstiones in lib. II Sententiarum*. Lugduni, sumptibus Laurenti Durand, MDCXXXIX (R. P. F. Joannis Duns Scoti *Opera ;* tomi VI pars I). Lib. II, dist. II, quæst. IX.

l'a indiqué en un de ses *Quodlibeta* (*Quodlibet.* I, *quæst.* 9) et l'un des plus brillants disciples de Duns Scot, Jean le Chanoine, l'a également donné d'après son maître[1].

Les raisons qui ont conduit M. H. Suter à attribuer à Albert de Saxe la *Quæstio de proportione dyametri quadrati ad costam ejusdem* ne nous paraissent donc nullement convaincantes; la lecture de cette question nous semble, par contre, très propre à fournir des motifs à qui désire contester cette attribution.

En cette question, se trouvent exposées diverses considérations sur l'infiniment grand et l'infiniment petit; une de ces considérations va retenir un instant notre attention.

Voici, en effet, l'étrange paradoxe que l'auteur de la question donne comme huitième conclusion[2] :

« Étant donnés une infinité de corps, qui sont tous d'un même volume déterminé, et qui occupent un espace infini, on peut les réunir sans leur faire subir aucune condensation, de telle sorte qu'ils forment un corps fini, occupant un espace fini... En voici la preuve : Considérons ces corps en nombre infini, tels que des fruits ou d'autres objets analogues, qui occupent un volume infini. En la première partie proportionnelle[3] d'une heure, prenons un premier corps en forme de boule, et soit A ce corps; prenons ensuite un second de ces corps, comprimons-le en une large figure, que nous fléchirons de façon à en recouvrir le premier; soit B cette couche d'une certaine épaisseur. En la seconde partie de l'heure, prenons un autre corps et recouvrons-en l'ensemble A B; soit C cette nouvelle couche. Prenons encore un nouveau corps et recouvrons-en l'ensemble A B C de façon à former la couche D, et répétons la même opération en chacune des parties proportionnelles de l'heure. Alors, à la fin de l'heure, nous aurons réuni une infinité de corps dont chacun a un même volume fini, et cependant je vais prouver qu'à la fin de l'heure, cet agrégat est fini. »

« En effet, la seconde couche est appliquée à une plus grande surface que la première; elle est donc moins épaisse que la première; de même, la couche appliquée en troisième lieu est moins épaisse que la seconde, et ainsi de suite. On voit donc que l'épaisseur de la première couche est à l'épaisseur de la seconde dans le même rapport que l'épaisseur de la seconde à l'épaisseur de la troisième, que l'épaisseur de la troisième à l'épaisseur de la quatrième, que l'épaisseur de la quatrième à l'épaisseur de la cinquième, et ainsi de suite. Ainsi les

1. Joannis Canonici *Quæstiones super VIII libros physicorum Aristotelis perutiles;* in lib. VI, quæst. unica.

2. *Loc. cit.*, p. 48.

3. Diviser une heure en *parties proportionnelles,* c'est, dans le langage du XIVe siècle, la diviser en parties qui décroissent en progression géométrique : une demi-heure, suivie d'un quart d'heure, puis d'un huitième d'heure, etc.

épaisseurs de toutes ces couches décroissent en proportion continue[1]; la première d'entre elles a, d'ailleurs, une valeur finie et déterminée, et il en est de même de son rapport à la seconde. Dès lors, ces couches en nombre infini dont les épaisseurs décroissent en proportion continue, ne forment pas une épaisseur infinie, de même que les parties proportionnelles d'un continu quelconque ne forment pas un continu infini. Il résulte donc de là que le corps obtenu à la fin de l'heure a une épaisseur finie; comme il est sphérique, son diamètre est fini; et il est fini lui-même, bien que formé d'une infinité de corps égaux, ce qu'il fallait démontrer. »

Albert de Saxe connaît cet étrange raisonnement et il l'expose, mais c'est pour le réfuter.

En une de ses questions sur le *De Cœlo*[2], Albert se demande « S'il peut exister une grandeur solide, superficielle ou linéaire qui soit infinie ». Ayant l'intention de conclure par la négative, il expose d'abord, selon la méthode scolastique, les arguments que l'on peut invoquer pour l'affirmative : « Et primo videtur quod sic. » C'est parmi ces arguments que se trouve, occupant le cinquième rang, le résumé du singulier raisonnement que nous avons reproduit.

A la fin de la question, sous le titre *Ad rationes*, se trouve la réfutation des arguments produits au début; c'est là qu'Albert de Saxe montre très sensément l'erreur commise par l'auteur de la *Quæstio de proportione dyametri*. « A la cinquième raison je réponds qu'il n'est pas possible, sans raréfaction ni condensation, de transformer une infinité de corps égaux et séparés les uns des autres en un corps fini. Lorsque l'auteur déclare qu'on a là une infinité d'épaisseurs dont la plus grande est finie, je l'admets. Lorsqu'il ajoute que l'épaisseur qui est la somme de toutes celles-là est finie, je l'accorde si ces épaisseurs décroissent en proportion continue, mais point s'il n'en est pas ainsi. Or il n'en est pas ainsi; la première n'est pas à la seconde dans le même rapport que la seconde à la troisième; il n'y a donc pas lieu d'assimiler ces épaisseurs aux parties proportionnelles d'un continu; en un continu, les parties proportionnelles se succèdent en porportion continue, de telle sorte que le rapport de la première à la seconde est égal au rapport de la seconde à la troisième; mais il n'en est pas de même de ces épaisseurs. »

Albert de Saxe a donc pris soin de réfuter une grave erreur contenue en la *Quæstio de proportione dyametri quadrati ad costam ejusdem*. Comment serait-il l'auteur de cette Question?

1. C'est-à-dire en progression géométrique.

2. *Questiones subtilissime* Alberti de Saxonia *in libros de Cœlo et Mundo*. Venetiis, 1492. In lib. I, quest. IX.

B. — A PROPOS DES *QUESTIONS SUR LES MÉTÉORES* DE THÉMON, LE FILS DU JUIF

En ses savants commentaires aux livres des Météores, le célèbre Augustin Nipho[1] déclare formellement[2] que les *Questions sur les Météores* qui ont été publiées sous le nom de Thimon le Juif sont d'*Albertillus,* c'est-à-dire d'Albert de Saxe : « *Albertillus, cujus quæstiones sunt editæ sub nomine Thimonis judæi.* »

A l'appui de cette opinion de Nipho, on peut invoquer certains arguments.

On peut remarquer, en premier lieu, que ces *Questions sur les Météores* sont de forme très semblable à celle qu'Albert de Saxe a donnée à ses *Questions* sur *la Physique,* sur le *De Cœlo* et sur le *De generatione et corruptione;* que les *Questions* de Thémon s'inspirent exactement des mêmes principes que celles d'Albert de Saxe; qu'elles adoptent les mêmes thèses lorsqu'elles ont à traiter des mêmes sujets; enfin, que les *Questions sur les Météores* complètent de la manière la plus heureuse la série des *Questions* composées par Albert de Saxe, formant avec celle-ci un commentaire achevé de la Philosophie naturelle du Stagirite.

On peut, en second lieu, donner une preuve d'une autre ordre et qui n'est pas moins forte.

Aux deux éditions que nous avons eu occasion de consulter, l'ouvrage de Thémon débute en ces termes : « Ici commencent les questions sur les quatre livres des météores *compilées* par le très savant professeur de philosophie Thimon. — *Incipiunt quæstiones super quatuor libros metheororum* compilatæ *per doctissimum Philosophiæ professorem Thimonem.* »

Cette forme est très inusitée; les *Questions* publiées par Jean le Chanoine, par Albert de Saxe, par Jean Buridan, par Marsile d'Inghen, par une foule d'autres scolastiques, ne sont jamais données comme *compilées* par ces auteurs. Il semble donc bien que Thémon n'ait point voulu se faire passer pour l'auteur des *Questions sur les Météores* et qu'il ait revendiqué seulement la rédaction de ces *Questions,* qu'un autre avait composées. Dès lors, tout porte à croire que cet autre était Albert de Saxe.

1. Augustini Niphi medices, philosophi Suessani, *In libris Aristotelis meteorologicis commentaria.* Ejusdem *Generalia commentaria in libro de mistis, qui a veteribus quartus meteororum liber inscribitur, et a junioribus meteorologicon dicitur.* Anno post partum intemeratæ Virginis, in prælo Brandini et Octaviani Scoti fratrum hæc commentaria curiose cudebantur, Venetiis, MDXL. — A la fin de l'ouvrage, on lit : Finis Salerni, 1523, quinto Aprilis.

2. Aug. Nipho, *loc. cit.,* fol. 14, col. c.

C. — SUR LA BIBLIOGRAPHIE DES ŒUVRES DE BERNARDINO BALDI

Nous avons dit (p. 98) que le prince Baldassare Boncompagni possédait, en manuscrits, l'original et plusieurs copies de l'ouvrage composé par Bernardino Baldi sur les vies des grands mathématiciens. Enrico Narducci, qui a extrait de ces manuscrits les notices relatives aux géomètres italiens, a donné une description de ces précieux *codices* dans l'introduction qu'il a mise en tête de sa publication[1].

D'autres extraits de l'ouvrage de Baldi ont été publiés dans le *Bulletino* dirigé par le prince Boncompagni. Nous en avons déjà cité un à la page 98, sous le n° 26. En voici quelques autres :

1° La notice sur *Alhazeno* se trouve reproduite à la fin (p. 47) de l'écrit suivant :

Intorno ad una traduzione italiana, fatta nel secolo decimoquarto, del trattato d'Ottica d'Alhazen, matematico del secolo undecimo, e ad altri lavori di questo scienzato. Nota di Enrico Narducci (*Bulletino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche e fisiche* pubblicato da B. Boncompagni; t. IV, p. 1, 1871).

2° La notice sur *Vitellione* se trouve reproduite à la fin (p. 77) de l'article suivant :

Sur l'orthographe du nom et sur la patrie de Witelo (Vitellion). Note de M. Maximilien Curtze (*Bulletino...*, t. IV, p. 49; 1871).

3° *Vite de matematici Arabi tratte da un' opera inedita di* Bernardino Baldi *con note di* M. Steinschneider (*Bulletino...*, t. V, p. 427; 1872).

Les notices de Baldi qui sont reproduites en cet écrit et commentées avec une rare érudition par M. Steinschneider, sont intitulées comme suit :

Messala — Alfragano — Alchindo — Albumasaro — Tebitte — Albategno — Almansore — Alhazeno — Ali Abenrodano — Punico — Ali Abenragele — Arzahele — Gebro — Alpetragio.

4° *Andalo de' Negri* (*De le vite de matematici libri due di* Bernardino Baldi da Urbino, Abbate di Guastalla. MDXCVI. *Tom. II. Manoscritto posseduto da* D. B. Boncompagni *contrassegnato « N° 154 », car. 120-121)* (*Bulletino...*, t. VII, p. 337; 1874).

1. *Vite inedite di matematici italiani*, scritte da Bernardino Baldi e pubblicate da Enrico Narducci (*Bulletino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche e fisiche*, pubblicato da B. Boncompagni, t. XIX, pp. 335, 383, 437 et 521; 1886).

5° *Vite inedite di tre matematici (Giovanni Danck di Sassonia, Giovanni de Lineriis e Fra Luca Pacioli di Borgo San Sepolcro) scritte da Bernardino Baldi* (*Bulletino...*, t. XII, p. 420; 1879).

Ces trois notices sont précédées d'un article dont voici le titre :

Baldassare Boncompagni, *Intorno alle vite inedite di tre matematici (Giovanni Danck di Sassonia, Giovanni de Lineriis e Fra Luca Pacioli di Borgo San Sepolcro) scritte da* Bernardino Baldi (*Bulletino...*, t. XII, p. 352; 1879).

Dans le même volume, à la p. 863, se trouve un complément à l'article précédent, sous le titre :

Baldassare Boncompagni, *Giunte allo scritto intitolato « Intorno... »*

6° *Vita di Pitagora, scritta da* Bernardino Baldi, *tratta dell' autografo et annotata da* Enrico Narducci (*Bulletino...*, t. XX, p. 197; 1887).

D. — SUR UN PASSAGE EMPRUNTÉ PAR BERNARDINO BALDI A LÉONARD DE VINCI

Nous avons vu (p. 104) que Bernardino Baldi avait exposé quelques considérations sur la formation des tourbillons au sein des eaux courantes; deux circonstances lui paraissaient propres à engendrer ces tourbillons. Nous avons cité également (p. 105) un passage où Léonard décrivait, presque dans les mêmes termes que Baldi, la seconde de ces circonstances, celle à laquelle se rapporte la figure 2 de la page 104. Quant à la première de ces circonstances, à laquelle a trait la figure 1 de la même page, il n'en était pas question en ce fragment écrit par le Vinci.

Cette circonstance, Léonard en fait mention au Cahier H de ses notes manuscrites, et cela de la manière la plus formelle; nous la trouvons, en effet, décrite à trois reprises, en termes presque identiques :

« L'eau[1] qui dépasse la profondeur ou la largeur générale des fleuves se meut en mouvement contraire. »

« Cette eau[2] se tournera en cours contraire qui dépasse les largeurs et profondeurs générales des fleuves. »

« L'eau[3] qui dépasse en profondeur ou en largeur la largeur et profondeur générale des fleuves se tournera contre son premier cours. »

De ces trois réflexions, on peut encore rapprocher celle-ci[4] :

« Les tournants de l'eau, après la percussion angulaire terrestre, se tournent en mouvement contraire. »

Chacun de ces passages est accompagné d'un dessin très sommairement esquissé. Ces quatre dessins, peu différents les uns des autres, ressemblent fort à la figure 1 de la page 104. Toutefois, il existe une divergence essentielle entre le croquis de Baldi et ceux de Léonard : La rotation du tourbillon a, dans le premier, un sens opposé à celui qu'elle affecte dans les derniers.

On reconnaît sans peine qu'en la figure 1 de la page 104, Baldi attribue au mouvement tourbillonnaire un sens de rotation qui ne peut être le sien; là où l'eau tourbillonnante est contiguë à l'eau

1. *Les manuscrits* de Léonard de Vinci. Ms. H de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 68 [20], verso.
2. *Ibid.*, fol. 87 [39], recto.
3. *Ibid.*, fol. 87 [39], verso.
4. *Ibid.*, fol. 47, verso.

qui coule dans le fleuve, les vitesses de ces deux masses d'eau sont dirigées en sens contraire l'une de l'autre.

La raison et l'expérience avaient montré à Léonard de Vinci que les tourbillons ne tournaient pas ainsi, mais bien comme Baldi les a fait tourner en la figure 2 de la page 104. Maladroit comme le sont souvent les plagiaires, Baldi a renversé le sens de cette rotation, montrant ainsi que ses connaissances d'Hydraulique avaient une tout autre origine que la contemplation de la nature.

---

attribu
peut ê

1. *Les*
fol. 68 [2
2. *Ibi*
3. *Ibid.*
4. *Ibid.*

ERRATA

Page 5, ligne 5 de la note, au lieu de : *meteorum*, lisez : *meteororum*.

Page 134, note 1, au lieu de : Ms. A de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 31, verso, lisez : Ms. M de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 46, recto.

Page 160, ligne 3 en remontant, au lieu de : *meteorum*, lisez : *meteororum*.

Page 161, ligne 9 : même correction.

Page 172, notes 2 et 3, au lieu de : *metheorum*, lisez : *metheororum*.

Page 173, note 1, — page 174, notes 1, 2 et 3, — pages 175, notes 1 et 2, — page 178, note 1, — page 180, note 1, — page 192, note 1, — page 196, note 1 : même correction.

attribu
peut ê

1. *Les*
fol. 68 [2
2. *Ibi*
3. *Ibid.*
4. *Ibid.*

TABLE DES MATIÈRES

Pages

PRÉFACE. III

I. ALBERT DE SAXE ET LÉONARD DE VINCI. 1

I. Albert de Saxe. — Ce que nous savons de sa vie. 3
II. Quelques points de la Physique d'Albert de Saxe 7
III. Ce que Léonard de Vinci a emprunté à Albert de Saxe. . . 19
IV. Ce que Léonard de Vinci a ajouté aux théories d'Albert de Saxe. 33
V. Ce que Léonard de Vinci a opposé aux doctrines d'Albert de Saxe. 39

II. LÉONARD DE VINCI ET VILLALPAND. 53

I. Comment se sont répandues les pensées de Léonard de Vinci. 53
II. La théorie de l'équilibre des mers selon Aristote, Adraste et Théon de Smyrne. 58
III. La sphéricité de la terre et des mers selon Albert de Saxe . . 63
IV. La sphéricité de la terre et des mers dans les écrits de Léonard de Vinci 68
V. Le centre de gravité et l'équilibre dans les écrits de Léonard de Vinci 73
VI. Les théorèmes de Jean-Baptiste Villalpand 80

III. LÉONARD DE VINCI ET BERNARDINO BALDI. . . . . .

I. La vie de Bernardino Baldi, abbé de Guastalla . .
II. Les œuvres de Bernardino Baldi. . . . . .
III. Les emprunts de Bernardino Baldi à la Mécaniqu Léonard de Vinci. . . . . .
IV. Les emprunts de Bernardino Baldi à la Mécanique Léonard de Vinci *(suite)*. Le centre de la p accidentelle. . . . . .

Pages

IV. Bernardino Baldi, Roberval et Descartes 127

I. Une opinion de Bernardino Baldi touchant les mouvements accélérés 127
II. Bernardino Baldi et le P. Mersenne 140
III. Bernardino Baldi et Roberval 142
IV. Bernardino Baldi et Descartes. 145
V. La discussion entre Roberval et Descartes au sujet du centre d'agitation. Le P. Honoré Fabry. Christiaan Huygens . 147

V. Thémon le fils du juif et Léonard de Vinci. 159

I. Les *Questions sur les Météores* de Thémon, le fils du juif . . 159
II. Ce que nous savons de Thémon, le fils du juif 162
III. Quelques rapprochements entre les doctrines de Thémon et les pensées de Léonard de Vinci. 171
IV. La mer est-elle plus haute que la terre? 177
V. Comment l'eau peut sourdre au sommet des montagnes. . 187
VI. L'écoulement uniforme des cours d'eau 195
VII. L'invention du principe fondamental de l'Hydrostatique. . 198
VIII. Comment le principe fondamental de l'Hydrostatique s'est transmis de Léonard de Vinci à Pascal.— Giovanni Battista Benedetti et le P. Mersenne 207
IX. Comment le principe fondamental de l'Hydrostatique s'est transmis de Léonard de Vinci à Pascal.— Le P. Benedetto Castelli et Galilée. 212

VI. Léonard de Vinci, Cardan et Bernard Palissy 223

I. Cardan a-t-il pu plagier Léonard de Vinci?. 223
II. Les emprunts faits par Cardan au *Traité de la Peinture* de Léonard de Vinci. 229
III. Les emprunts faits par Cardan au *Trattato del moto e misura dell' acqua* de Léonard de Vinci 234
. La formation des fossiles selon Bernard Palissy 245

'ntia de ponderibus et Léonard de Vinci. 257

. se trouvent les premières pensées de Léonard sur la
. résistance des matériaux. 257
. Les *Auctores de Ponderibus* et le Précurseur de Léonard . . 259
. Une remarque de Léonard à propos du levier et du treuil . 264
. Les réflexions de Léonard sur le quatrième livre du *Tractatus de ponderibus* composé par son Précurseur. . . 271

Sur
attribu
peut ê

1. *Les*
fol. 68 [2
2. *Ibi*
3. *Ibid.*
4. *Ibid.*

Pages

V. Les premiers essais sur la résistance des matériaux. — Aristote, Vitruve, Héron d'Alexandrie, Le Précurseur de Léonard, Léonard de Vinci 289
VI. Comment Léonard a découvert la loi de composition des forces concourantes 301
VII. Quelques problèmes sur la balance suggérés au Vinci par son Précurseur 305
VIII. Conclusion 310

VIII. Albert de Saxe 319

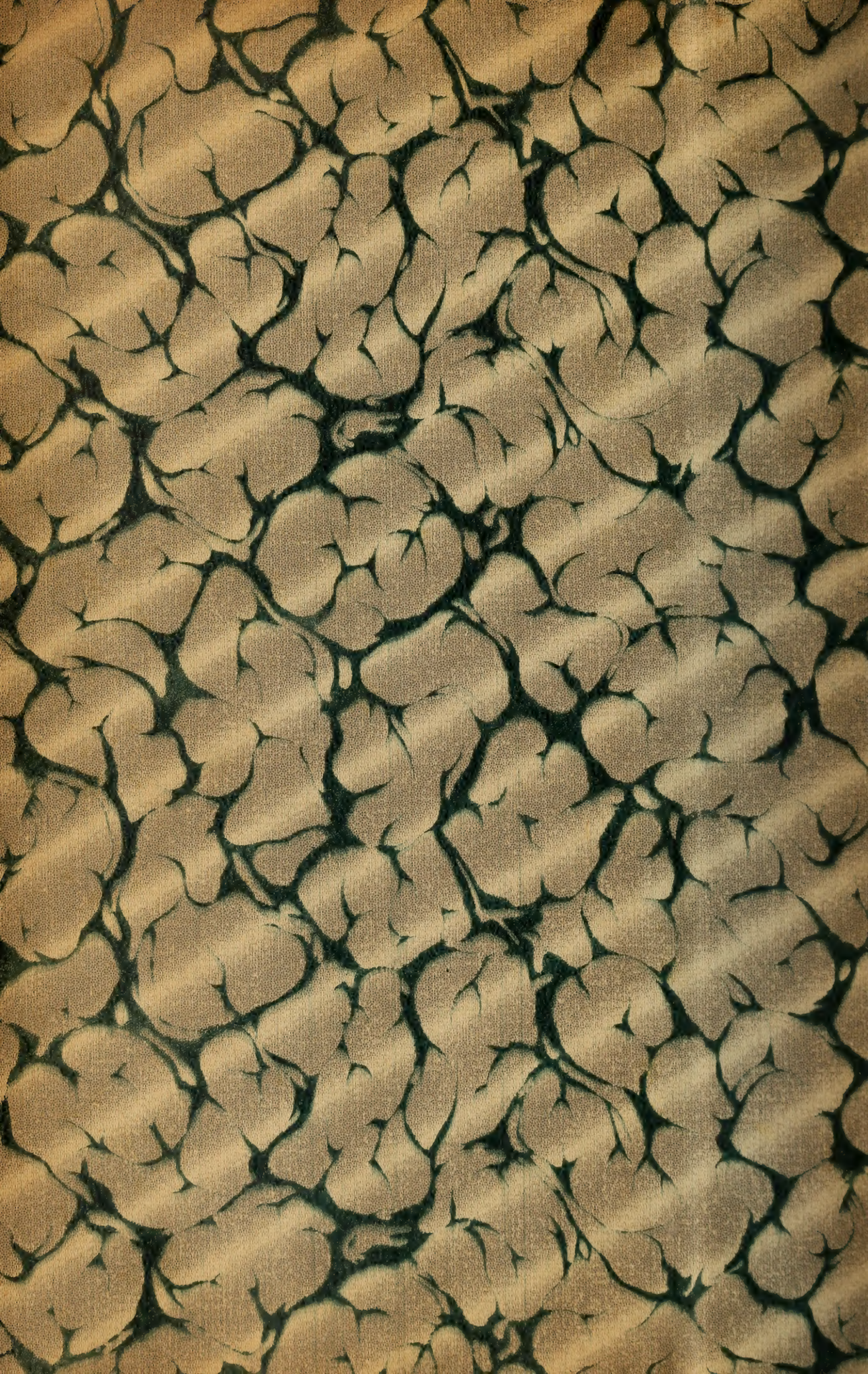
I. Ce que nous connaissons touchant la vie d'Albert de Helmstædt, surnommé Albert de Saxe 319
II. Albert de Helmstædt est-il le même qu'Albert de Ricmestorp? 327
III. Albert de Saxe appartint-il à un ordre religieux? — Albert de Saxe et Albertutius 331
IV. Les écrits d'Albert de Saxe 334

Notes 341

A. — Sur un écrit attribué à Albert de Saxe 341
B. — A propos des *Questions sur les livres des météores* de Thémon, le fils du juif 345
C. — Sur la bibliographie des œuvres de Bernardino Baldi . . . 346
D. — Sur un passage emprunté par Bernardino Baldi à Léonard de Vinci. 348

Errata. 351

BORDEAUX — IMPRIMERIE G. GOUNOUILHOU, 9-11, RUE GUIRAUDE.



THE INSTITUTE OF MEDIAEVAL STUDIES
10 ELMSLEY PLACE
TORONTO 5, CANADA.

8101.